

FICHA CATALOGRÁFICA

ANAIS DO XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA
CATALÃO-GO | 12 A 16 DE AGOSTO DE 2019

Edição Técnica

Rafael de Ávila Rodrigues, Idelvone Mendes Ferreira e Thieres George Freire da Silva

Revisão Técnica

Rafael de Ávila Rodrigues, Idelvone Mendes Ferreira e Thieres George Freire da Silva

Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A organização do referente evento não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos. É de inteira responsabilidade dos autores o registro dos trabalhos no conselhos de ética, de pesquisa ou SisGen.

Copyright © 2019 - XXI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia | CBAGRO 2019

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão escrita da organização do evento.

ALGUNS TRABALHOS ESTÃO SEM AS FIGURAS, POIS O AUTORES NÃO CONSEGUIRAM FAZER O UPLOAD CORRETERANTE,



INFORMAÇÕES GERAIS

Período de realização e Local de realização

12 a 16 de Agosto de 2019 | Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Promoção

Sociedade Brasileira de Agrometeorologia (SBAGRO)

Realização

Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Apoio institucional

Prefeitura Municipal de Catalão - Secretaria Municipal de Meio Ambiente
Universidade Federal de Catalão
Universidade Federal de Jataí
Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí
Universidade Estadual de Goiás
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Universidade Federal do Mato Grosso
Universidade de Brasília
Instituto Nacional de Meteorologia

Fomento

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG)
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG)
Fundação de Apoio à Pesquisa - UFG (FUNAPE)

Patrocínio

Agrosystem
DualBase
Hobeco / Vaisala
Campbell Scientific
Alemmar Li-Cor
Meter

APRESENTAÇÃO

O Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (CBAGRO) é um evento da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia (SBAGRO), que ocorre a cada dois anos desde 1979, reunindo centenas de pesquisadores, professores, técnicos, estudantes e produtores rurais envolvidos com o tema Agrometeorologia e suas áreas interdisciplinares, seja no âmbito da pesquisa, ensino, extensão e aplicações práticas.

A Sociedade Brasileira de Agrometeorologia tem a satisfação de lançar o XXI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (CBAGRO), que ocorrerá no período de 12 a 16 de agosto de 2019, na cidade Catalão-GO. O evento tem por objetivo promover um fórum para análise, discussão e compartilhamento de informações científicas sobre os resultados e recentes avanços da pesquisa, ensino e extensão relacionados à temática central.

O tema do XXI CBAGRO é A Agrometeorologia na potencialização sustentável do agronegócio. As grandes diversidades de clima e de suas interações com a biosfera nas mais variadas regiões do mundo, em associação com a intensificação das atividades humanas e das mudanças climáticas, nem sempre resultam em condições meteorológicas favoráveis para a condução da atividade agrícola.

Catalão, 16 a agosto de 2019.

Rafael de Ávila Rodrigues

DR. RAFAEL DE ÁVILA RODRIGUES
Presidente do XXI CBAGRO

ORGANIZAÇÃO GERAL

Nome - Filiação

Dr. Rafael de Ávila Rodrigues - Professor na Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão (Presidente XXI CBAGRO)

Dr. Thieres George Freire da Silva - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (Presidente SBAGRO)

Idelvone Mendes Ferreira - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão (Vice-Presidente XXI CBAGRO)

Luciana Sandra Bastos de Souza - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) / Unidade Acadêmica de Serra Talhada (Secretaria SBAGRO)

Ana Paula Novais Pires Koga - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Antonio Nilson Zamuner Filho - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Antover Panazzolo Sarmento - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Cleumar Tristão de Aguiar - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Diego Simões Fernandes - Universidade Estadual de Goiás / Campus de Palmeiras de Goiás

Edward Madureira Brasil - Universidade Federal de Goiás

Estevane de Paula Pontes Mendes - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Gabriel Stéfano de Oliveira Marques - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

João Donizete Lima - Chefe Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Janaina Borges de Azevedo Franca - Universidade Estadual de Goiás / Campus Ipameri

Laira Cristina da Silva - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Leandro Caixeta Salomão - Instituto Federal Goiano / Campus Urutaí

Magda Valeria da Silva - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Marli José Tavares Netto - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Odelfa Rosa - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Patrícia Francisca de Matos - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Pedro Paulo de Mesquita Mendes - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Priscila Querino Lima - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

Roberli Ribeiro Guimarães - Universidade Estadual de Goiás / Campus Ipameri

Ronaldo da Silva - Universidade Federal de Goiás / Regional Catalão

COMISSÃO ORGANIZADORA

Nome	Atividade(s)
Rafael de Ávila Rodrigues	Presidente XXI CBAGRO
Idelvone Mendes Ferreira	Vice-Presidente XXI CBAGRO
Thieres George Freire da Silva	Presidente SBAGRO
Luciana Sandra Bastos de Souza	Secretaria SBAGRO
Laira Cristina da Silva	Secretaria Executiva / Coordenação Credenciamento / Coordenação Minicursos / Coordenação Apresentação Oral e Pôster / Coordenação Visita Técnica / Coordenação Coffee break
Gabriel Stéfano de Oliveira Marques	Secretaria Executiva / Coordenação Credenciamento / Coordenação Minicursos / Coordenação Apresentação Oral e Pôster / Coordenação Visita Técnica / Coordenação Coffee break
Priscila Querino Lima	Secretaria Executiva
Marli José Tavares Netto	Secretaria Executiva
Jhécika da Silva Furtado	Secretaria Executiva
Estevane de Paula Pontes Mendes	Secretaria Executiva
Magda Valeria da Silva	Coordenação Cerimonial
Odelfa Rosa	Coordenação Credenciamento / Coordenação Coffee break
Patrícia Francisca de Matos	Coordenação Credenciamento
Pedro Paulo de Mesquita Mendes	Coordenação Credenciamento / Coordenação Minicursos / Coordenação Apresentação Oral e Pôster
Ana Paula Novais Pires Koga	Coordenação Apresentação Oral e Pôster
Antover Panazzolo Sarmento	Coordenação Apresentação Oral e Pôster
Ronaldo da Silva	Coordenação Logística e Transporte de Palestrantes
Cleumar Tristão de Aguiar	Coordenação Logística e Transporte de Palestrantes
Antonio Nilson Zamuner Filho	Coordenação Visita Técnica / Coordenação Apresentação Oral e Pôster
Janaina Borges de Azevedo Franca	Coordenação Visita Técnica
Roberli Ribeiro Guimaraes	Coordenação Correção de Resumos
Diego Simões Fernandes	Coordenação Correção de Resumos
Leandro Caixeta Salomão	Coordenação Correção de Resumos
Vitor Sales Cardoso	Confecção de Camisetas e Bolsas
Tais Bruna Tiss dos Santos	Coordenação de Mídias Sociais

MONITORES

Nome	Atividades
Ana Cleide Nunes Lopes	Venda de Livros
Ana Maria Rodrigues Vaz	Credenciamento / Visita Técnica / Minicursos / Apresentação Oral e Pôster
Anderson Dias Vaz de Souza	Visita Técnica
Anderson Santos Montel	Fotografia
Andrea Carla Gomes de Farias	Coffee break
Angel Lucas Pereira Carvalho	Credenciamento
Anna Paula Neri de Sousa Dutra De Miranda	Cerimonial
Ayr Carvalho Costa	Logística e Transporte de Palestrantes
Beatriz Carvalho de Oliveira	Apresentação Oral e Pôster
Bruna Maria Marques Camargo	Cerimonial
Bruno Serafim dos Reis	Cerimonial / Credenciamento
Deise da Silva Silva	Credenciamento
Douglas Pereira da Silva Júnior	Credenciamento
Douglas Rodrigues de Oliveira	Credenciamento
Frank Junior Tiss dos Santos	Credenciamento
Geovanna Viana de Jesus	Credenciamento
Giovanny Alves Barbosa	Apresentação Oral e Pôster
Graziella de Souza Prado	Credenciamento
Gustavo Henrique Camargo Eufrazio	Credenciamento
Isadora Teixeira da Costa	Credenciamento
Jéssica Rayanne Bernardes Martins	Credenciamento
José Leomar Vaz	Logística e Transporte de Palestrantes
José Vitor Pinto Ribeiro	Cerimonial
Julio Cesar Pereira	Logística e Transporte de Palestrantes
Karcia Rangelli Sousa de Carvalho	Apresentação Oral e Pôster
Keroleinny Kariny da Rocha Reis	Credenciamento / Apresentação Oral e Pôster
Kristyna Bárbara Felício de Rezende	Apresentação Oral e Pôster
Leonardo Ferreira Prado	Logística e Transporte de Palestrantes
Leonoura Katarina Santos	Credenciamento
Leticia Silva Placido	Apresentação Oral e Pôster
Luciane Ferreira Santos	Venda de Livros
Maria Edna Silva de Sousa Gomes	Coffee break
Mariana Rosa de Souza	Apresentação Oral e Pôster
Marina da Silva Santos	Apresentação Oral e Pôster
Mayana de Souza Ferreira	Minicursos
Murillo Borges Carneiro	Cerimonial
Natalia de Souza Santos	Credenciamento / Minicursos
Nathalia Cristina Baltazar	Credenciamento / Visita Técnica / Minicursos / Apresentação Oral e Pôster

Nome	Atividades
Nilcelina Alves da Costa	Apresentação Oral e Pôster
Rafaela Silva de Oliveira	Cerimonial / Apresentação Oral e Pôster
Renato dos Reis Borges Cabral	Logística e Transporte de Palestrantes
Rita de Cassia Rosaria da Silva	Coffee break
Sthefany Almeida Borges	Apresentação Oral e Pôster
Tais Bruna Tiss dos Santos	Credenciamento
Teudas Moreira de Azevedo	Cerimonial / Credenciamento
Thiago Henrique Coelho Barbosa	Apresentação Oral e Pôster
Uliane Cristina dos Santos Borges	Cerimonial
Valquiria Gonçalves	Credenciamento / Apresentação Oral e Pôster
Victor Rodrigues Valenga	Credenciamento
Vinicius Mendes	Visita Técnica / Fotografia
Vitor Sales Cardoso	Credenciamento

COLABORADORES

Parecerista	Instituição
Alécio Perini Martins	Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí – Universidade Federal de Jataí
Alexandre Bryan Heinemann	Embrapa Arroz e Feijão
Alexandre Hugo C. Barros	Embrapa Solos
Anderson Dias Vaz De Souza	Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri
Antonio Nilson Zamuner Filho	Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão
Camila Carpenedo	Universidade Federal de Uberlândia
Carlos Ricardo Fietz	Embrapa Agropecuária Oeste
Cláudio Bertazzo	Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão – Universidade Federal de Catalão
Cláudio Ricardo Da Silva	Universidade Federal de Uberlândia
Debora Regina Roberti	Universidade Federal de Santa Maria
Éder Comunello	Embrapa Agropecuária Oeste
Estevane de Paula Pontes Mendes	Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão – Universidade Federal de Catalão
Evaldo de Paiva Lima	Embrapa Solos
Evandro Chaves De Oliveira	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Colatina
Fábio Ricardo Marin	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ Piracicaba
Fábio Santos Matos	Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri
Gustavo Basto Lyra	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Seropédica
Hildeu Ferreira da Assunção	Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí – Universidade Federal de Jataí
Homero Bergamaschi	Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Janaína Borges De Azevedo França	Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri
João Donizete Lima	Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão – Universidade Federal de Catalão
Leandro Caixeta Salomão	Instituto Federal Goiano Campus Urutaí
Lucieta Guerreiro Martorano	Embrapa Amazônia Oriental
Maria Emília Borges Alves	Embrapa Uva e Vinho

Parecerista	Instituição
Nereu Streck	Universidade Federal de Santa Maria
Odelfa Rosa	Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão – Universidade Federal de Catalão
Patrícia Francisca de Matos	Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão – Universidade Federal de Catalão
Paulo Cezar Mendes	Universidade Federal de Uberlândia
Paulo Henrique Caramori	Instituto Agrônômico do Paraná
Paulo Jorge De Oliveira Ponte de Souza	Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
Rafael Batisti	Universidade Federal de Goiás
Ricardo Guimaraes Andrade	Embrapa Gado de Leite
Rildo Aparecido Costa	Universidade Federal de Uberlândia – Campus Pontal
Roberli Ribeiro Guimarães	Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri
Roberto Atarassi	Universidade Federal de Uberlândia
Samara Carbone	Universidade Federal de Uberlândia
Sandro Manuel Carmelino Hurtado	Universidade Federal de Uberlândia
Santiago Vianna Cuadra	Embrapa Informática Agropecuária
Thieres George Freire da Silva	Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST.
Vagner Santiago do Vale	Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri
Vanderlei de Oliveira Ferreira	Universidade Federal de Uberlândia
Waldivino Gomes Firmino	Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipame

MINICURSOS

Ministrantes de Minicursos

Minicurso 1 - Rastreabilidade de Alimentos

Glenio Theodoro dos Anjos

Wesley Silva dos Anjos

Minicurso 2 - Pós-Processamento de fluxos superficiais obtidos com a técnica *Eddy Covariance* para Estimativa da Evapotranspiração e da troca líquida de CO²

Debora Regina Roberti

Gustavo Pujol Veeck

Tiago Bremm

Minicurso 5 - Geotecnologias Aplicado à Agricultura

Alfredo Arantes Guimarães Silveira

Giovani Correia Junior

Minicurso 6 - Mecanização Agrícola

Brendha Pires

Júlia Cristina Baptista de Souza

PROGRAMAÇÃO 12/08

Dia 1: 12/08/2019 (Segunda-Feira)

Horário	Atividade
08h00-12h00	Credenciamento e Entrega de Pastas
09h00-10h00	<p style="text-align: center;">Abertura oficial do evento</p> <p style="text-align: center;">Local: Auditório Professor Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT</p> <p style="text-align: center;">Convidados para a mesa:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reitor da UFG – Prof. Dr. Edward Madureira Brasil- Diretora da Regional Catalão/UFG Profa. Dra. Roselma Lucchese- Chefe da Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia – Prof. Dr. João Donizete Lima- Coordenador de Pesquisa e Pós-Graduação – Prof. Dr. José Júlio de Cerqueira Pituba- Governador do Estado de Goiás – Ronaldo Caiado- Prefeito de Catalão – Adib Elias- Diretor do INMET – Carlos Gomes- Presidente da SB Agro – Prof. Dr. Thieres, UFRPE – Serra Talhada- Presidente do CBAgro 2019 – Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues – UFG/RC/UFCAT
10h00-12h00	<p>Palestra de abertura: A Agrometeorologia na Potencialização Sustentável do Agronegócio Dr. Patrício Grassini – Universidade de Nebraska/USA</p>
12h00-14h00	<p style="text-align: center;">Inauguração da feira de exposições (Empresas patrocinadoras)</p> <p style="text-align: center;">Local: Auditório Prof. Paulo de Bastos Perillo</p>
14h00-18h00	<p style="text-align: center;">Mesa-Redonda I</p> <p style="text-align: center;">Tema: Sustentabilidade e Risco Climático no Agronegócio</p> <p style="text-align: center;">Local: Auditório Professor Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT</p>
14h00-14h30	Palestra de Abertura da Mesa – Alencar Zanon - UFSC - Ecofisiologia aplicada para sustentabilidade dos sistemas de produção
14h30-15h00	Primeira Palestra – Sebastião Renato Valverde Presidente da Sociedade de Investigações Florestais (SIF/UFV)
15h00-15h30	Segunda Palestra – Professor Flávio Justino (DEA/UFV) – A realidade do aquecimento global
15h30-16h00	Discussão
16h00 - 16h15	Café
16h15 - 17h00	Sessão Pôster I Local: Bloco Didático I

PROGRAMAÇÃO 13/08

Dia 2: 13/08/2019 (terça-feira)

Horário	Atividade
08h00 - 18h00	Serviços de Secretaria (suporte e apoio)
08h30 - 10h30	Mesa Redonda II Título da Mesa: Integração Lavoura Pecuária Floresta na Potencialização Sustentável do Agronegócio Local: Auditório Professor Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT
08h30-09h00	Palestra de Abertura da Mesa: Pesquisador João Kluthcouski - Embrapa Cerrados
09h00-09h30	Primeira Palestra: William Marchiό–Diretor Executivo da Rede ILPF – A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta transformando fazendas de forma sustentável
09h30-10h00	Segunda Palestra – Debatedor – Pesquisador Lourival Vilela – Embrapa Cerrados – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na potencialização sustentável do Agronegócio
10h00-10h30	Discussão
10h30 - 10h45	Café
10h45 - 11h15	Palestra: Carlos Gomes - Diretor do INMET
10h45 -12h00	Sessão Oral I Local: Consultar na Lista de Trabalhos Aprovados
10h45	Apresentação Oral 1
11h00	Apresentação Oral 2
11h15	Apresentação Oral 3
11h30	Apresentação Oral 4
11h45	Apresentação Oral 5
12h00 - 14h00	Intervalo para almoço
13h00 - 14h00	Palestra 1 - Apresentação Hobeco e Parcerias para fins de monitoramento Rodrigo Mello – Hobeco – Local: Auditório Congadas – Prédio da Pesquisa UFG/RC Será servido Lanche aos Participantes nessa Palestra oferecido pela Hobeco-Vaisala

Dia 2: 13/08/2019 (terça-feira)

Horário	Atividade
	Palestra 2 - Soluções em Monitoramento Agrometeorológico Luiz Antônio Soares - Hobeco Local: Auditório Congadas – Prédio da Pesquisa UFG/RC Será servido Lanche aos Participantes nessa Palestra oferecido pela Hobeco-Vaisala
14h00 - 16h00	Painel I - Geotecnologias e Agricultura de Precisão Local: Auditório Professor Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT
14h00-14h30	Mesa Geotecnologias e Agricultura de Precisão Palestra de Abertura Pesquisador Ricardo Inamasu – Embrapa Instrumentação – Agricultura de Precisão e Agricultura Digital: Uma visão sistêmica relacionada à agrometeorologia
14h30-15h00	Primeira Palestra: Ms. Rodrigo Pereira da Costa (John Deere Brasil) – Agricultura Digital como ferramenta de fomento ao desenvolvimento e promoção da Agrometeorologia no Agronegócio
15h00-15h30	Segunda Palestra – Debatedor – Dra. Elaine Silva LAPIG/UFG/IESA
15h30-16h00	Discussão
16h00 - 16h15	Café
16h15 - 17h00	Sessão Pôster II Local: Bloco Didático I
17h00 - 20h00	Minicursos Visitação a feira de exposições

PROGRAMAÇÃO 14/08

Dia 3: 14/08/2019 (quarta-feira)

Horário	Atividade
08h00 - 18h00	Serviços de secretaria (suporte e apoio)
08h30 - 10h30	Mesa Redonda III Título Mudanças Climáticas e Arenização Local: Auditório Professor Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT
08h30-09h00	Título Palestra de Abertura: Roger Rodrigues Torres – UNIFEI
09h00-09h30	Giampaolo Queiroz Pellegrino - Embrapa Informática Agropecuária
09h30-10h00	Segunda Palestra: Dr. Messias Modesto Passos – Unesp Presidente Prudente – Impactos do paleoclima na distribuição atual da vegetação brasileira
10h00-10h30	Discussão
10h30 - 10h45	Café
10h45 - 12h00	Serviços Agrometeorológicos na potencialização sustentável do Agronegócio Primeira palestra: Serviços Agrometeorológicos e a Gestão da Atividade Agropecuária no Brasil - Gilberto Cunha - Embrapa Trigo Segunda Palestra: Segunda Palestra: AGROMETEOROLOGIA NO BRASIL: Realidade atual, experiências e direcionamentos - Thieres George Freire da Silva - UFRPE - Serra Talhada
10h45 - 12h00	Sessão Oral II
	Local: Consultar na Lista de Trabalhos Aprovados
10h45	Apresentação Oral 1

Dia 3: 14/08/2019 (quarta-feira)

Horário	Atividade
11h00	Apresentação Oral 2
11h15	Apresentação Oral 3
11h30	Apresentação Oral 4
11h45	Apresentação Oral 5
12h00 - 14h00	Intervalo para almoço
14h00 - 16h00	Painel II: Agrometeorologia Aplicada à Extensão Rural Coordenador: Dr. Clyde W. Fraisse UF/USA Local: Auditório Prof. Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT
14h00-14h30	Palestra de Abertura: Nelson Harger - Emater Paraná – Monitoramento da Ferrugem Asiática da Soja
14h30-15h00	Primeira Palestra: Norman Breuer Universidade Católica de Assunção – Climate information for producers: what have we learned?
15h00-15h30	Segunda Palestra: Mesoscale Meteorology Networks: their use to help decision makers in Agribusiness Sergio de Agrela – IRRISYSTEMS S.A.
15h30	Discussão
16h00 - 16h15	Café
16h15 - 17h00	Sessão Pôster III Local: Bloco Didático I
17h00 - 18h30	Visitação a feira de exposições
17h00 - 19h00	Assembléia da SB Agro
20h	Programação social - Jantar

PROGRAMAÇÃO 15/08

Dia 4: 15/08/2019 (quinta-feira)

Horário	Atividade
08h00 - 18h00	Serviços de secretaria (suporte e apoio)
08h30 - 10h30	Mesa Redonda IV Local: Auditório Professor Paulo de Bastos Perillo UFG/RC/UFCAT
08h30-09h00	Palestra de Abertura: Deputado Federal José Mário Schneider
09h00-09h30	Primeira Palestra: Cristiano Palavro – Aprosoja (GO)
09h30-10h00	Segunda Palestra – Debatedor - Bruno Vicente Marques - IRRIGO - Associação dos Irrigantes do Estado de Goiás – Construção de Ambientes Produtivos Aplicados em Agrometeorologia
10h00-10h30	Discussão
10h30 – 10h45	Café
10h45 - 12h00	Sessão Oral III Local: Consultar na Lista de Trabalhos Aprovados
10h45	Apresentação Oral 1
11h00	Apresentação Oral 2
11h15	Apresentação Oral 3
11h30	Apresentação Oral 4
11h45	Apresentação Oral 5
12h00 - 14h00	Intervalo para almoço
14h00-14h30	Mesa Redonda V: Avaliação de Risco e Resiliência Agroclimática Palestra de abertura: Novo Patamar para Políticas Agrícolas de Gestão de Riscos no Brasil Palestrante: Pedro A. Loyola
14h30-15h00	Primeira Palestra: Informações de risco para o planejamento e operação da propriedade agrícola

Dia 4: 15/08/2019 (quinta-feira)

Horário	Atividade
	Palestrante: Rafael Mashio – Diretor Executivo Aprosoja Piauí
15h00-15h30	Segunda Palestra: O novo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) Palestrante: José Eduardo B. A. Monteiro – Embrapa Informática Agropecuária
15h30-16h00	Sessão plenária
16h00 - 16h15	Café
16h15 - 17h00	Sessão Pôster IV Local: Bloco Didático I Visitação a feira de exposições Local: Auditório Prof. Paulo de Bastos Perillo - UFG/RC/UFCAT
17h00 - 18h30	Visitação a feira de exposições
20h00	JANTAR ESPECIAL DO XXI CBAGRO – SPEED JACK HAMBURGUERIA & STEAK HOUSE – Avenida Raulina Fonseca Paschoal, nº 1935 – Setor Central – Comanda Individual de Consumo – Assinar lista de Presença na Secretaria do Evento Sessão de encerramento (premiação dos melhores trabalhos)

PROGRAMAÇÃO 16/08

Dia 5: 16/08/2019 (sexta-feira)

Horário	Atividade
08h30-17h00	Visitas Técnicas Roteiro 1 - Fazenda dos Rampelotti Roteiro 2 - Fazenda Santa Brígida – Ipameri – GO Roteiro 3 – Viticultura Tropical na clima Aw - Ipameri (GO)

LOCAL DO EVENTO

Conheça Catalão

Catalão é um município brasileiro do estado de Goiás. Localiza-se à latitude 18° 9' 57" sul e à longitude 47° 56' 47" oeste e à altitude de 835 metros. Sua população segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2016, é de 100.590 habitantes e seu PIB recenseado em 2008 é de mais de 4,348 bilhões de reais e o coloca como a terceira maior economia de Goiás naquele ano. Possui área de aproximadamente 3.778 km². Também dá nome ao distrito sede do município (os outros dois são Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde) e a uma microrregião do Estado de Goiás.

A cidade é servida por diversas rodovias, que ligam o município ao Triângulo Mineiro (e daí ao Sul e ao Sudeste); a Goiânia (e de lá ao Norte), a Brasília (e de lá ao Nordeste), ao sul de Goiás (e daí ao Mato Grosso) e ao Alto Paranaíba (e de lá a Minas Gerais e ao Nordeste); também no que diz respeito ao setor de transportes, o município conta com um ramal ferroviário da FCA e um aeroporto.

Agropecuária

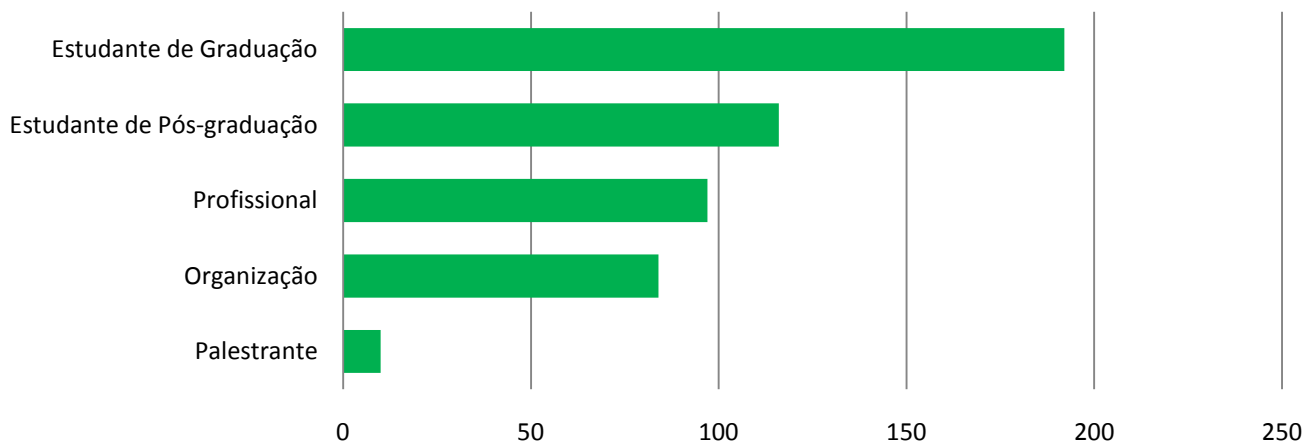
A despeito do município ter o terceiro maior PIB industrial de Goiás, a agropecuária do mesmo também é uma atividade econômica significativa, está entre os grandes produtores estaduais de soja, milho, trigo, arroz, feijão, mandioca, café, mandioca e palmito de Goiás, sendo que o cultivo de grãos dá-se sobretudo no distrito de Santo Antônio do Rio Verde.

Possui também considerável e rebanhos de aves e bovinos, no distrito de Catalão. Em linhas gerais, há duas realidades distintas em Catalão. A leste do Rio São Marcos, no distrito de Santo Antônio do Rio Verde, predomina a agropecuária extensiva, preeminando na agricultura o cultivo de soja e milho, além de trigo, arroz e algodão; na pecuária, a criação de gado bovino de corte, em especial animais de raça zebu e na silvicultura, o plantio de pinus elliot e eucalipto. Já a oeste do rio São Marcos, nos distritos de Catalão e Pires Belo, predomina a pecuária de leite, com gados de raças mistas como a girolanda e a criação domésticas de pequenos animais; a agricultura de subsistência e o cultivo de alho; e na silvicultura o plantio de eucalipto, sobretudo em pequenas propriedades.

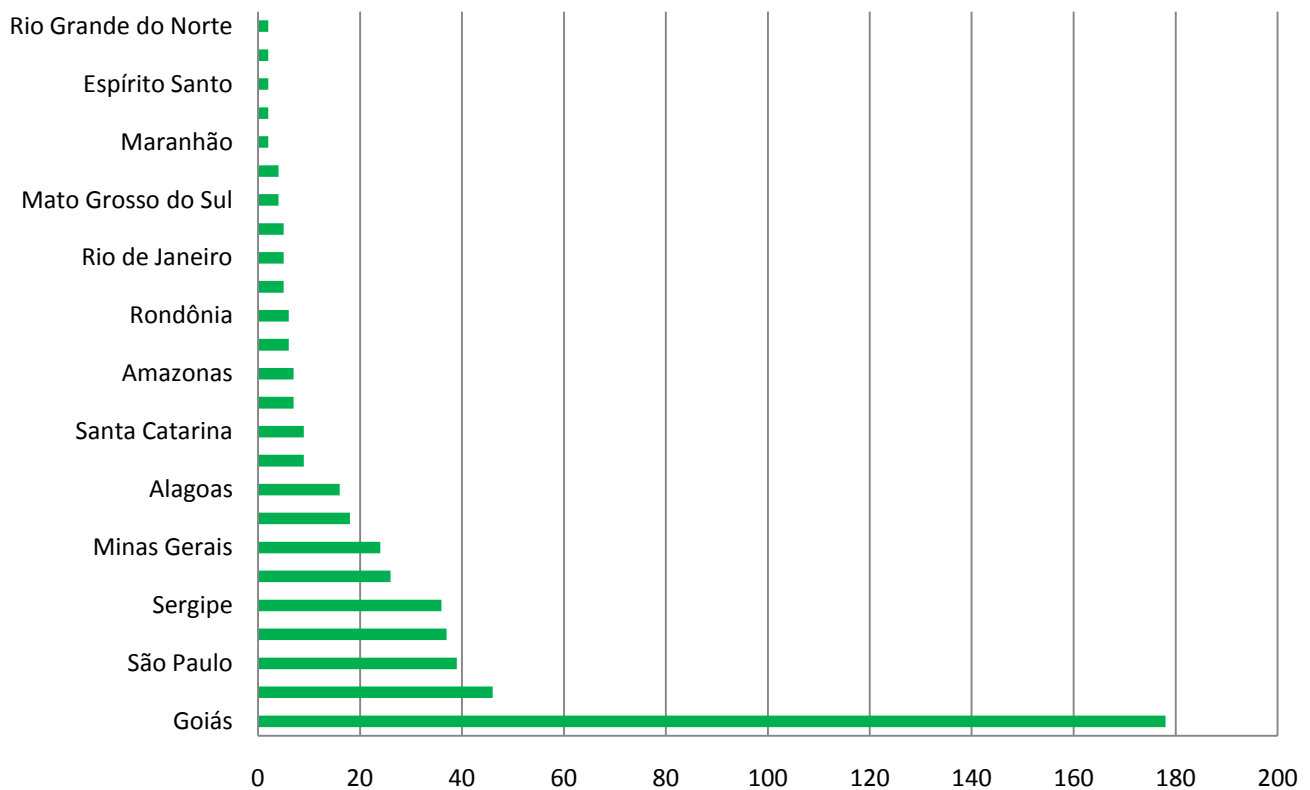
NÚMEROS DO EVENTO

Total de inscritos: 497 inscritos

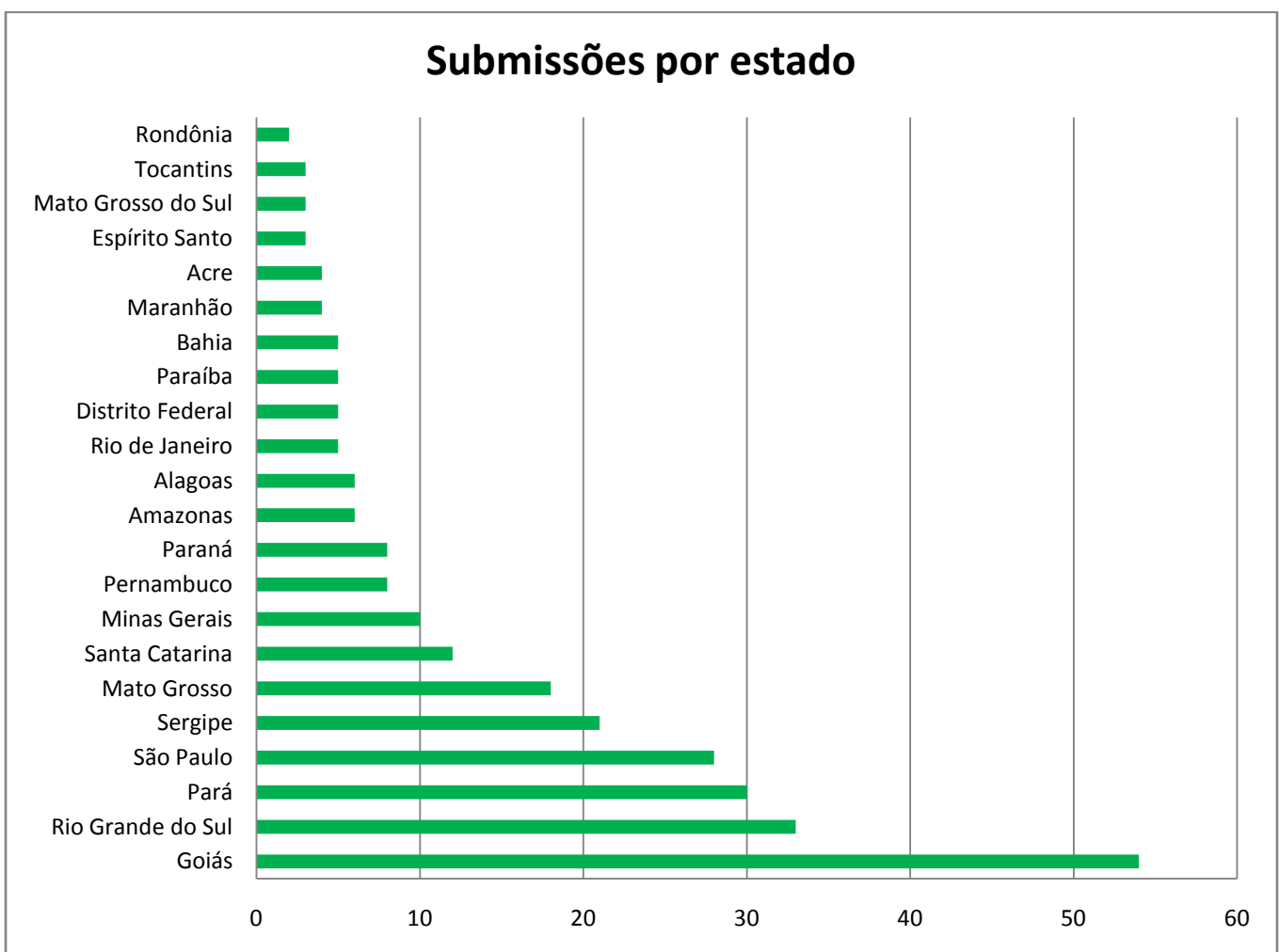
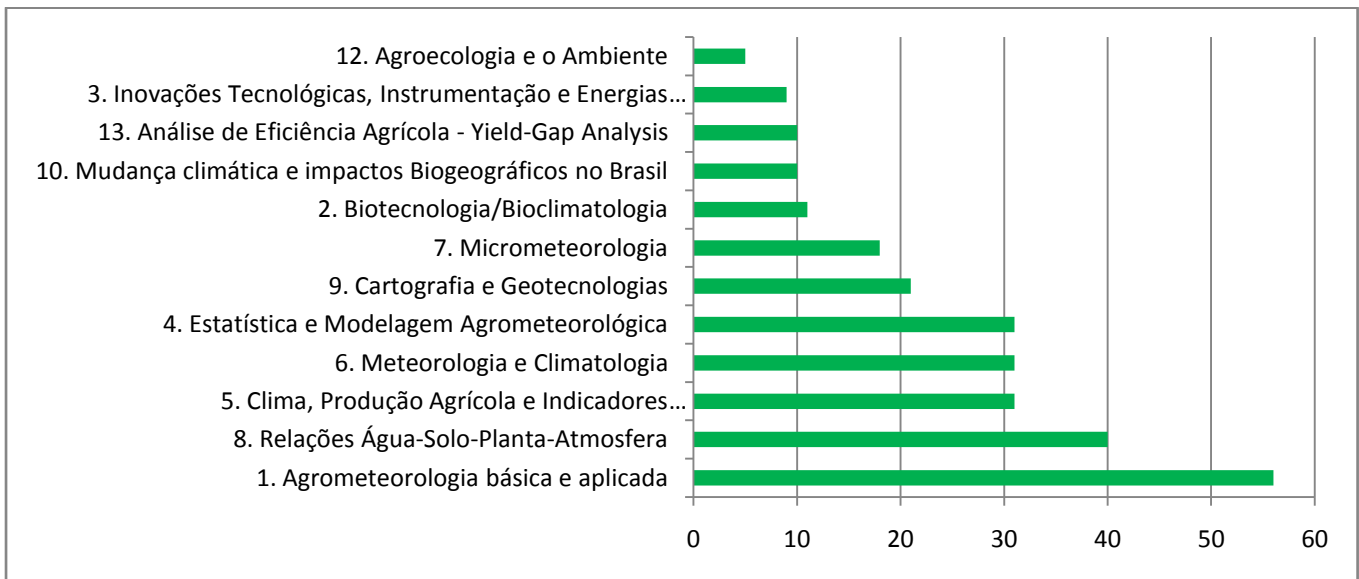
Inscritos por categoria



Inscritos por estado



O XXI CBAGRO recebeu 273 trabalhos em 14 áreas distintas. Para conseguir corrigir todos os trabalhos o evento contou com a colaboração de 40 revisores *ad hoc*, que foram responsáveis por efetuar 672 revisões, minimizando ao máximo o número de rejeições e contribuindo para melhoria de centenas de resumos.



Fonte: Google Analytics

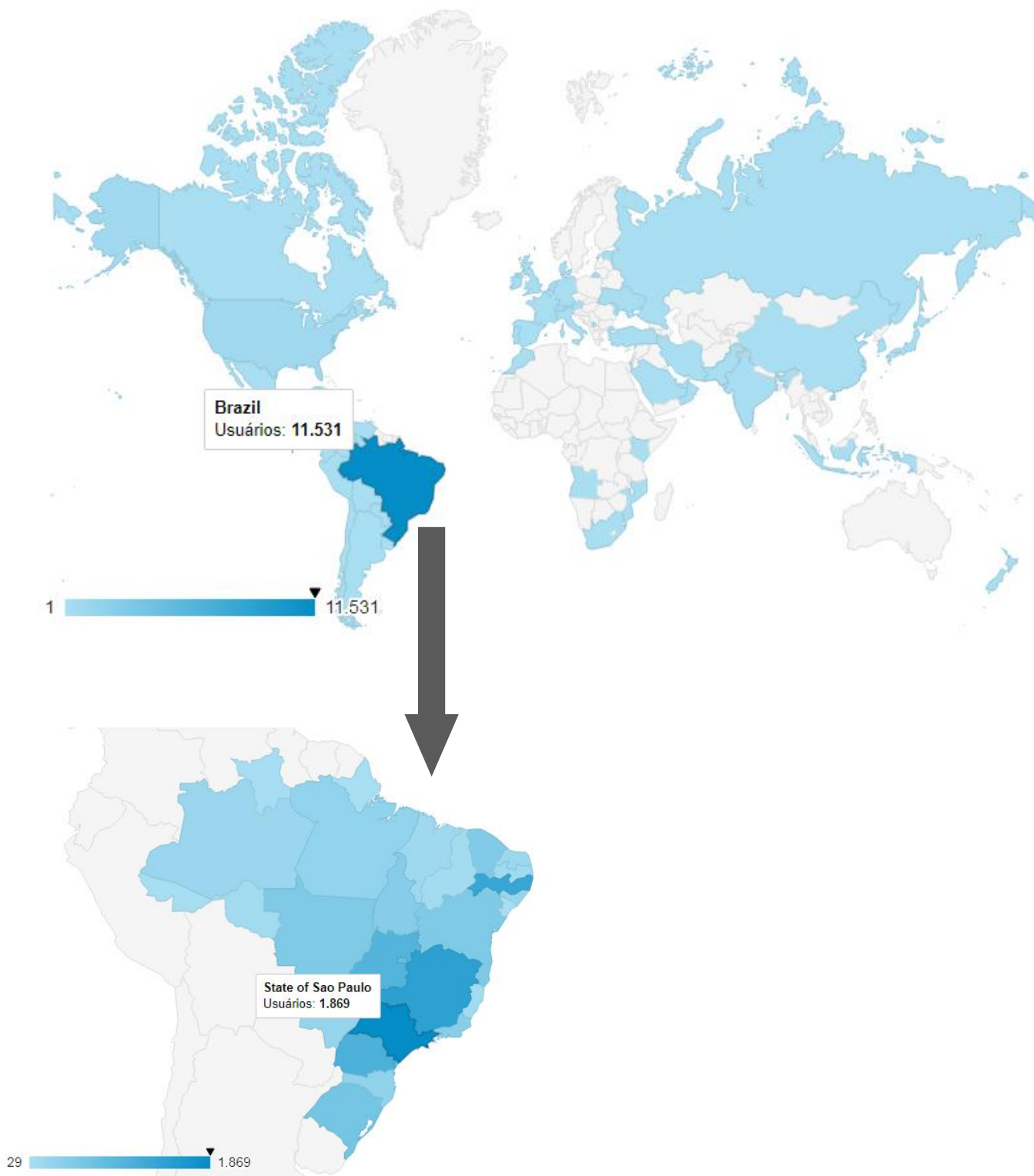
Período: 01-10-2018 - 20/08/2019

Usuários: 12.834

Visitas: 37.032

Visualizações: 133.539

Origem dos usuários



ÍNDICE DE TRABALHOS

Conteúdo

1. Agrometeorologia básica e aplicada	42
FENOLOGIA DO MARACUJÁ SILVESTRE (<i>PASSIFLORA TENUIFILA</i> KILLIP) NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO BIOMA CERRADO	42
<i>Jorge Antonini Anjos Antonini; Aleksandra Duarte de Oliveira; Ana Maria Costa;.....</i>	<i>42</i>
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP) MENSAL PELO MÉTODO DE THORNTHWAITE (1948) PARA A MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS.....	47
<i>Paulo André da Silva Martins; Carlos Alexandre dos Santos Querino; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino; Sara Angélica Santos de Souza; Paula Caroline dos Santos Silva;.....</i>	<i>47</i>
"MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E QUANTIDADE DA ÁGUA DE CHUVA, ATRAVÉS DO PLUVIÔMETRO ALTERNATIVO."	57
<i>tricia santos tricia palheta; HALISON FELIPE PIMENTA ALMEIDA; andreza lima mello; THAYNÁ perreira FERNANDES; MAYARA SANTOS PERREIRA;.....</i>	<i>57</i>
CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTES COBERTOS COM TELA DE SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE ALFACE	67
<i>Evandro Chaves de Oliveira; Karolyne da Silva Guriatto; Eduardo Buzatto; Valéria Pancieri Sallin; Ramon Amaro de Sales;.....</i>	<i>67</i>
CONSUMO HÍDRICO DA RIZICULTURA NO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.....	72
<i>Camilo Rafael Pereira Brandão; Inajá Francisco de Sousa;.....</i>	<i>72</i>
DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MESORREGIÃO NORTE CENTRAL DO ESTADO DO PARANÁ PARA O CULTIVO DA BATATA-DOCE	80
<i>Alan Carlos Martelócio; Nathan Felipe da Silva Caldana; Evandro João Rodrigues; Geovanna Cristina Zaro Costa; Paulo Henrique Caramori;.....</i>	<i>80</i>
CULTIVO DE GLADIÓLO NO INVERNO EM AMBIENTE PROTEGIDO NA MESORREGIÃO SERRANA DE SANTA CATARINA.....	85
<i>LEOSANE CRISTINA BOSCO; LOURDES SANTINA WILPERT; LUCIANE TEIXEIRA STANCK; MELINA INES BONATTO; BRUNA MEDEIROS DA SILVA;.....</i>	<i>85</i>
NECESSIDADE HÍDRICA DA SOJA PARA AS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE RIO VERDE - GO	95
<i>Luiz Eduardo Viegas Molke; Derblai Casaroli; Rafael Battisti; José Alves Júnior; Adão Wagner Pêgo Evangelista;.....</i>	<i>95</i>
AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM ANOS CHUVOSOS NA BACIA DO MEARIM DO ESTADO DO MARANHÃO	100

<i>Keliane Paiva da Silva; Lucilara Rodrigues Mendes; Mário Augusto Pereira Júnior; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes;</i>	100
CONDIÇÕES TÉRMICAS DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO DO PARANÁ PARA O CULTIVO DA MELANCIA	107
<i>Alan Carlos Martelócio; Nathan Felipe da Silva Caldana; Evandro João Rodrigues; Geovanna Cristina Zaro Costa; Paulo Henrique Caramori;</i>	107
RISCO CLIMÁTICO PARA O MILHO SAFRINHA ASSOCIADOS À COMPACTAÇÃO DO SOLO EM LONDRINA / PR	112
<i>Evandro João Rodrigues; Paulo Henrique Caramori; Pablo Ricardo Nitsche; Marcelo Augusto de Aguiar e Silva; Alan Carlos Martelócio;</i>	112
GRAUS-DIA, CICLO E PRODUÇÃO DA CULTURA DO MILHO SAFRINHA EM QUATRO ÉPOCAS DE SEMEADURA	117
<i>Evandro João Rodrigues; Paulo Henrique Caramori; Marcelo Augusto de Aguiar e Silva; Daniel Soares Alves; Alan Carlos Martelócio;</i>	117
AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM ANOS CHUVOSOS NA BACIA DO MEARIM DO ESTADO DO MARANHÃO	122
<i>Keliane Paiva da Silva; Lucilara Rodrigues Mendes; Mário Augusto Pereira Júnior; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes;</i>	122
ESTIMATIVAS DA LUMINÂNCIA E DAS IRRADIÂNCIAS GLOBAL E PAR EM DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO	126
<i>Adilson Pacheco de Souza; Luana Bouvié; Charles Campoe Martim; Daniela Roberta Borella; Andréa Carvalho da Silva;</i>	126
TEMPERATURA DO AR E DO SOLO EM UM PLANTIO COMERCIAL DE AÇAÍ, CASTANHAL-PA.	132
<i>Igor Cristian de Oliveira Vieira; Erika de Oliveira Teixeira; Matheus Yan Freitas Silva; Carmen Grasiela Dias Martins; Deborah Luciany Pires Costa;</i>	132
ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NOS PERÍMETROS IRRIGADOS DO ESTADO DE SERGIPE	143
<i>Marisa Silva Vieira; Genilza Almeida da Graça; Saulo de Jesus Dantas; Inaja Francisco de Souza;</i>	143
SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE EM SOJA	156
<i>Lana Bruna de Oliveira Engers; Sidinei Zwick Radons; Pedro Henrique Welter; Eduardo Steinmetz Pies; Aline Ulzefer Henck;</i>	156
ENOS CANÔNICO NA DURAÇÃO DO CICLO DE CULTURAS ANUAIS EM CAMPOS NOVOS E LAGES, SC	160
<i>Matheus Luís Caron; Rosandro Boligon Minuzzi;</i>	160
VARIAÇÃO DO ÍNDICE MICRONAIRE DEVIDO AO ATRASO DA DATA DE SEMEADURA	165
<i>Isabella Theresa de Almeida Martins; Paulo Cesar Sentelhas;</i>	165
FAVORABILIDADE DA VELOCIDADE DO VENTO À IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM SÃO LUIZ GONZAGA, RS	171
<i>Sidinei Zwick Radons; Francis Valdemar Fernandes; Anderson Spohr Nedel; Lana Bruna de Oliveira Engers; Atawana Vitória da Silva;</i>	171
EL NIÑO E LA NIÑA E O BALANÇO DE ENERGIA NO ESTADO RIO GRANDE DO SUL	176
<i>Felipe Cavallini Crespo; Denise Cybis Fontana; Juliano Schirmbeck;</i>	176

RISCO TÉRMICO PARA O FEIJOEIRO POR ALTAS TEMPERATURAS NO MUNICÍPIO DE CRUZ ALTA - RS.....	181
<i>Eduardo Schepke; Guilherme Masarro Araujo; Sidinei Zwick Radons; Lana Bruna de Oliveira Engers; Felipe Puff Dapper;</i>	<i>181</i>
RISCO TÉRMICO PARA O FEIJOEIRO POR ALTAS TEMPERATURAS EM DE SÃO LUIZ GONZAGA - RS.....	186
<i>Atawana Vitória da Silva; Guilherme Masarro Araujo; Sidinei Zwick Radons; Lana Bruna de Oliveira Engers; Fábio Miguel Knapp;</i>	<i>186</i>
FAVORABILIDADE DA VELOCIDADE DO VENTO À PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA EM SÃO LUIZ GONZAGA, RS.....	192
<i>Eduardo Schepke; Sidinei Zwick Radons; Francis Valdemar Fernandes; Anderson Spohr Nedel2; Lana Bruna de Oliveira Engers;</i>	<i>192</i>
ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA COM BASE NA RADIAÇÃO GLOBAL NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA.....	197
<i>Mariana Pizzatto; Tamara Zamadei; Soneize Auxiliadora de Miranda; Adilson Pacheco de Souza; Cornélio Alberto Zolin;</i>	<i>197</i>
SISTEMA DE PREVISÃO DE DOENÇAS E SEVERIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA....	207
<i>Pedro Henrique Welter; Lana Bruna de Oliveira Engers; Sidinei Zwick Radons; Eduardo Steinmetz Pies; Aline Ulzefer Henck;</i>	<i>207</i>
PARÂMETROS MORFOFISIOLÓGICOS DE PIMENTÃO CULTIVADO EM DOIS MÉTODOS DE PROTEÇÃO SOLAR	212
<i>Evandro Chaves de Oliveira; Igor Barros Ziviani; Valéria Pancieri Sallin; Robson Ferreira de Almeida; Marcos Antônio Vanderlei Silva;</i>	<i>212</i>
ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTURA (KC) PARA UM SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS DE TRIGO E SOJA.	217
<i>Débora da Silva; Gustavo Pujol Veeck; Debora Regina Roberti; Genei Antonio Dalmago;</i>	<i>217</i>
CONDIÇÕES HÍDRICAS DE LAVOURA DE SOJA USANDO SENSORIAMENTO REMOTO TERRESTRE.....	221
<i>Lucimara Wolfarth Schirmbeck; Denise Cybis Fontana; Genei Antonio Dalmago; Juliano Schirmbeck; Paulo Roberto Vargas;.....</i>	<i>221</i>
BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DECENAL NAS CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO	232
<i>Silvania Donato da Silva; José Francisco de Oliveira-Júnior;</i>	<i>232</i>
COMPARATIVO DE HORAS E UNIDADES DE FRIO PARA MACIEIRA NO RIO GRANDE DO SUL	237
<i>Fernando Rafael Batista Ribeiro Junior; Letícia Prechesniuki Alves; Allef Patrick Caetano de Matos; Luciana Barros Pinto;.....</i>	<i>237</i>
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO E POTENCIAL DE ATAQUE FÚNGICO DA MADEIRA EM PARAGOMINAS-PA.....	248
<i>Larissa Ranielle da Silva Parente; Bruno Gama Ferreira; Denilson Barreto da Luz; Gabriel Ito dos Santos Teixeira; Adrielle Carvalho Monteiro;</i>	<i>248</i>
ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR ESTAÇÕES DO ANO EM VILHENA - RO.....	253
<i>Daniele Jesus Venturim; Aline Ottos Moreira; Wilk Sampaio de Almeida;.....</i>	<i>253</i>
CONTRIBUIÇÃO DOS TERMOS RADIATIVOS E AERODINÂMICOS NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ITAITUBA-PA E SALINÓPOLIS-PA.....	258

<i>Bruno Gama Ferreira; Larissa Ranielle da Silva Parente; Gabriel Ito dos Santos Teixeira; Denilson Barreto da Luz; Deborah Luciany Pires Costa;</i>	258
DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE EXTINÇÃO LUMINOSA DO CAJUZINHO-DO-CERRADO	262
<i>Pedro Henrique Magalhaes de Souza; Maraiza Lima Costa; Ana Laura Pereira Souza; Danielle Fabiola Pereira da Silva; Hildeu Ferreira da Assunção;</i>	262
UTILIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO PARA A CIDADE DE POÇO VERDE, SEMIÁRIDO SERGIPANO.....	266
<i>Maisa Silva Menezes; Anderson Eduardo dos Santos; João Marcos de Jesus Sales; Antenor Oliveira de Aguiar Neto; Joabe Santos Sousa Peixoto;</i>	266
EFEITO DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM CV. DE UVA ISABEL PRECOCE (VITIS LABRUSCA L.).....	271
<i>Eloy Costa de Mattos; Nadja Tamires Borges Barbosa; Laila Beatriz dos Santos Maciel; Paulo Silas Oliveira da Silva; Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior;</i>	271
DESEMPENHO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA ARIQUEMES - RO	275
<i>Aline Ottos Moreira; Daniele Jesus Venturim; Wagner Viana Andreatta; Wilk Sampaio de Almeida;</i>	275
ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET₀), NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO, NO MUNICÍPIO DE LINHARES, ES	280
<i>André Dalla Bernardina Garcia; José Carlos Mendonça;</i>	280
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO PERÍODO DAS ÁGUAS NO BRASIL CENTRAL	292
<i>Alexandre Bryan Heinemann; Silvando Carlos da Silva; Luís Fernando Stone; Alberto Baêta dos Santos;</i>	292
MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO PARA O MUNICÍPIO DE FLORESTA SERTÃO DO BAIXO PAJEÚ – PE	297
<i>Carlos André Alves de Souza; Maria Gabriela de Queiroz; Fabrício Marcos Oliveira Lopes; Thieres George Freire da Silva;</i>	297
DETERMINAÇÃO DA LUMINOSIDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA FINS DE MANEJO	302
<i>Lucas Ferreira Lima de Matos; Jamile Santos; João António Neves; Hildeu Ferreira da Assunção;</i>	302
FRAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA EM RELAÇÃO A RADIAÇÃO GLOBAL PARA BRASÍLIA	307
<i>Lady Layana Martins Custódio; Bernardo Barbosa da Silva;</i>	307
INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL SOB O RENDIMENTO MÉDIO DE MILHO EM CRATEÚS – CE.....	311
<i>Denilson Barreto da Luz; Carlos André Conceição Guimarães; Clara Alice Silva de Sousa; Adrielle Carvalho Monteiro; Olavo Tavares de Souza;</i>	311
UTILIZAÇÃO DE MODELO SIGMOIDAL PARA CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA EM FUNÇÃO DOS GRAUS DIAS	315
<i>Gabriel Italo Novaes da Silva; Marcondes de Sá Souza; Cleber Pereira Alves; Carlos André Alves de Souza; Thieres George Freire da Silva;</i>	315
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA E REAL NAS CULTURAS DE SOJA E TRIGO NO SUL DO BRASIL	320
<i>Débora da Silva; Gustavo Pujol Veeck; Debora Regina Roberti; Genei Antonio Dalmago; Claudio Alberto Teichrieb;</i>	320

AVALIAÇÃO DOS MODELOS MARK-HADGEM2-ES E MARK-MIROC5 PARA SIMULAR PRECIPITAÇÕES NO CERRADO DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE.....	325
<i>João Francisco Severo Santos; Liliãna Pena Naval; Danuza Costa Leite; Danilo Ribeiro Barbacena; Fernanda Alves Silva Severo;</i>	
	325
MODELO PARA ESTIMATIVA DO TEOR DE ANTOCIANINAS EM MINIESTACAS DE EUCALIPTOS COM COLORÍMETROS	337
<i>Elías José Pedroso; Aristίδes Ribeiro; Milton Edgar Pereira Flores; Marcel Carvalho Abreu; Daniela C Costa;</i>	
	337
INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA PELO DOSSEL DE ESPÉCIES ARBOREAS DA CAATINGA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO	341
<i>Carlos André Alves de Souza; Maria Gabriela de Queiroz; Gabriel Ítalo Novaes da Silva; Thieres George Freire da Silva;</i>	
	341
10. Mudança climática e impactos Biogeográficos no Brasil	345
FOCOS DE CALOR NA AMAZÔNIA LEGAL	345
<i>Helvecio de Oliveira Filho; Jose Francisco de Oliveira Junior; Dimas de Barros Santiago; Heliofábio Gomes Barros; Givanildo de Gois;</i>	
	345
POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL EM AGROECOSSISTEMAS DE LONGA DURAÇÃO NO CERRADO	349
<i>Alexsandra Duarte de Oliveira; Isis Lima dos Santos; Cícero Celio de Figueiredo; Artur Gustavo Muller; Jorge Cesar dos Anjos Antonini;</i>	
	349
VARIABILIDADE DE N-MINERAL EM SOLOS SOB SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO	354
<i>Alexsandra Duarte de Oliveira; Emanuel José R. de Magalhães; Cícero Celio de Figueiredo; Fernando Antonio Macena da Silva; Artur Gustavo Muller;</i>	
	354
ADAPTAÇÃO AO AQUECIMENTO GLOBAL COM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CAFÉ E SERINGUEIRA	359
<i>Paulo Henrique Caramori; Geovanna Cristina Zaro; Nathan Felipe da Silva Caldana; George Mitsuo Yada Junior; Alan Carlos Martelocio;</i>	
	359
21 ANOS DE FOCOS DE CALOR NO BIOMA MATA ATLÂNTICA NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL	364
<i>Helvecio de Oliveira Filho; José Francisco de Oliveira Júnior; Givanildo de Gois; Dimas de Barros Santiago; Welington Kiffer de Freitas;</i>	
	364
12. Agroecologia e o Ambiente	369
COMPOSTAR REJEITOS E TRANSFORMÁ-LOS EM ADUBOS ORGÂNICOS PARA HORTICULTURA EXPERIMENTAL ECOLÓGICA.....	369
<i>Andrea Carla Gomes de Farias; Leonoura Katarina Santos; Claudio José Bertazzo;</i>	
	369
USO DA ÁGUA DE REUSO NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.....	380
<i>Ana Paula dos Santos Oliveira Tavares de Azevedo; Laurene Kárita Pereira; Ana Paula Aparecida Borges; Polianna Alves Silva Dias; Pedro Henrique Pinto Ribeiro;</i>	
	380
AGROECOLOGIA E AGRICULTURA FAMILIAR: CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	385
<i>Viviane Cristina Dias de Jesus; Reinaldo Silva Mariano; Renato dos Reis Borges Cabral; Roberto Marra Carvalho;</i>	
	385
ANÁLISE CONTEXTUAL DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CATALÃO (GO)....	397
<i>Paula Pontes CAIXETA; Idelvone Mendes FERREIRA;</i>	
	397

13. Análise de Eficiência Agrícola - Yield-Gap Analysis.....	409
QUANTIFICAÇÃO DO POTENCIAL E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DA SOJA NA ESCALA DE PROPRIEDADE AGRÍCOLA NO OESTE BAIANO.....	409
<i>Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva; Izael Martins Fattori Júnior; Stefany Amanda Quilles Fava; Fábio Ricardo Marin;.....</i>	<i>409</i>
QUANTIFICAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DO DÉFICIT DE PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ESCALA DE UMA USINA.....	416
<i>Letícia Gonçalves Gasparotto; Juliano Mantellatto Rosa; Nilson Aparecido Vieira Junior; Rafael Domingos Paro; Fábio Ricardo Márin;.....</i>	<i>416</i>
REPRESENTAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EFICIÊNCIA AGRÍCOLA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ESCALA DE USINA	427
<i>Juliano Mantellatto Rosa; Leticia Gonçalves Gasparotto; Fabio Ricardo Marin;.....</i>	<i>427</i>
ESTIMATIVA DO POTENCIAL E LACUNAS DE PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL.....	437
<i>Charles Patrick de Oliveira de Freitas; Nereu Augusto Streck; Moises de Freitas do Nascimento; Simone Puntel; Luíza Brum Rodrigues;.....</i>	<i>437</i>
ESTIMATIVA DO POTENCIAL E LACUNAS DE PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL.....	442
<i>Charles Patrick de Oliveira de Freitas; Nereu Augusto Streck; Moises de Freitas do Nascimento; Simone Puntel; Luíza Brum Rodrigues;.....</i>	<i>442</i>
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS NO NORDESTE PARAENSE.....	447
<i>Denis de Pinho Sousa; Ewelyn Regina Rocha Silva; Vandeilson Belford de Moura; Júlio Cesar Vieira Frare; Whesley Thiago dos Santos Lobato;.....</i>	<i>447</i>
ON-FARM SUGARCANE YIELD AND YIELD COMPONENTS AS INFLUENCED BY NUMBER OF HARVESTS.....	452
<i>Fabio R. Marin; Juan Ignacio Rattalino Edreira; Jose Andrade; Patricio Grassini;</i>	<i>452</i>
YIELD GAP NA CULTURA DO ALGODÃO POR DEFICIÊNCIA HÍDRICA NO ESTADO DO MATO GROSSO.....	458
<i>Juliana Chagas Rodrigues; Paulo Cesar Sentelhas;.....</i>	<i>458</i>
MODELO DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DA SOJA NA REGIÃO SUL DE MATO GROSSO	463
<i>Oswaldo José de Oliveira; Jholian Maicon Ribeiro Santos; Jean Pierre Moreira de Almeida; Rômulo Caique Gonçalves Feletti; Marcos Antonio da Silva;.....</i>	<i>463</i>
2. Biotecnologia/Bioclimatologia.....	468
ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE OVOS NOS CENÁRIOS DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA	468
<i>Mayra Taniely Ribeiro Abade; Élcio Silvério Klosowski; Paulo Henrique Caramori; Jorim Souza das Virgens Filho; Willian da Silva Ricce;.....</i>	<i>468</i>
GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES NUAS E INCRUSTADAS DE BRACHIARIA BRIZANTHA	473
<i>Genilza Almeida da Graça; Michelle Conceição Vasconcelos; Marisa Silva Vieira; Saulo de Jesus Dantas; Allana Mellyse Barbosa Rodrigues;.....</i>	<i>473</i>
CRESCIMENTO INICIAL DE GARAPEIRA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.....	478

<i>Daniela Roberta Borella; Kalisto Natam Carneiro Silva; Júlio Henrique Germano de Souza; Leonardo Martins Moura dos Santos; Matheus Caneles Batista Jorge;.....</i>	478
CRESCIMENTO INICIAL DE GARAPEIRA SOB TELAS COLORIDAS	483
<i>Daniela Roberta Borella; Júlio Henrique Germano de Souza; Kalisto Natam Carneiro Silva; Leonardo Martins Moura dos Santos; José Paulo Farias Neto;.....</i>	483
EXPRESSÃO DA ROTA CAM EM PLANTAS DE ORA-PRO-NÓBIS SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS E DE SECA.....	488
<i>João Paulo Alves de Barros; Pedro José Hermínio; Vitor Gomes Nunes; Sérgio Luíz Ferreira da Silva;.....</i>	488
PRODUÇÃO DE LEITE EM SOURE – PA, SOB INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS)	493
<i>Denilson Barreto da Luz; Adrielle Carvalho Monteiro; Larissa Ranielle da Silva Parente; Igor Cristian de Oliveira Vieira; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes;.....</i>	493
GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES NUAS E INCRUSTADAS DE BRACHIARIA BRIZANTHA	498
<i>Genilza Almeida da Graça; Michelle Conceição Vasconcelos; Marisa Silva Vieira; Saulo de Jesus Dantas; Allana mellyse Barbosa Rodrigues;.....</i>	498
BAIXA FIXAÇÃO NOTURNA E ATVIDADE ESTOMÁTICA EM PLANTAS DE ORA-PRO-NÓBIS EM SITUAÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO.....	501
<i>João Paulo Alves de Barros; Pedro José Hermínio; Vitor Gomes Nunes; Sérgio Luíz Ferreira da Silva;.....</i>	501
COMPORTAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO DURANTE O VERÃO, NA CIDADE DE CERRO LARGO, RS	506
<i>Pedro Henrique Welter; Anderson Spohr Nedel; Sidinei Zwick Radons;.....</i>	506
EFEITO DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E VARIEDADES EM CANA-DE-AÇÚCAR	511
<i>Artur Gustavo Müller; Alexsandra Duarte de Oliveira; Fernando Antonio Macena da Silva;.....</i>	511
3. Inovações Tecnológicas, Instrumentação e Energias Renováveis no Agronegócio.....	515
REDE DE SENSORES SEM FIO SUBTERRÂNEA, DESIGN E ANÁLISE DE COMUNICAÇÃO	515
<i>Tércio Alberto dos Santos Filho; Sérgio Francisco da Silva; Marcos Napoleão Rabelo; Rafael de Ávila Rodrigues; Alexandre C. R. da Silva;.....</i>	515
DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE UMIDADE DO SOLO POR MEIO DE MÉTODOS OTÍCOS.....	516
<i>Luiz Diego Vidal Santos; Adilson Machado Enes; Francisco Sandro Rodrigues Holanda; Silvestre Rodrigues; Paulo Roberto Gagliardi;.....</i>	516
EFICIÊNCIA DO FILME DE PARTÍCULA NA BATATA DOCE SUBMETIDA A RESTRIÇÃO HÍDRICA	527
<i>Tassio de Jesus Vasconcelos; Alexandre Passos Oliveira; Pryanka Thuyra Nascimento Fontes; Eloy Costa de Mattos; Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior;.....</i>	527
ADAPTAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE UM INFILTRÔMETRO TIPO CORNELL PARA CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO.....	532
<i>Pollyana de Godoy Borges; Guilherme Victor Andrade Assis; Paulo Sérgio do Carmo; Hildeu Ferreira Assunção;.....</i>	532
DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA TEMPERATURA DO DOSSEL E DA ALTURA DE PLANTAS	537
<i>Igor Silva Ferreira Vilela; Hildeu Ferreira da Assunção;.....</i>	537
DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO MICROCLIMA DO SOLO .	542

<i>Jordana Rezende Souza Lima; Vilson Sousa Queiroz Junior; Dalila Brito de Jesus; Hildeu Ferreira da Assunção;</i>	542
CONTROLE AUTOMATIZADO DA RADIAÇÃO SOLAR BASEADO NA ECOFISIOLOGIA DE MINIESTACAS DE EUCALIPTOS.....	555
<i>Elias José Pedroso; Aristides Ribeiro; Robert Louis Pazzeto Barbosa; Mariana Gonçalves dos Reis;</i>	555
4. Estatística e Modelagem Agrometeorológica	559
CALIBRAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA O ESTADO DE GOIÁS.....	559
<i>Mayara Paiva Siqueira; Lucas da Costa Santos; Nathália Aparecida Araújo Leão; Sandra Mascimo da Costa e Silva; Elton Fialho dos Reis;</i>	559
CHUVA NA COLHEITA DO ALGODÃO EM FUNÇÃO DA DATA DE SEMEADURA E FENÔMENO ENOS NO ESTADO DE GOIÁS.....	564
<i>Amanda Emília Appelt; Rafael Battisti;</i>	564
PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO COMUM EM DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA NA ÉPOCA DAS ÁGUAS.....	569
<i>Ludmilla Ferreira Justino; Alexandre Bryan Heinemann; Rafael Battisti; José Alves Júnior;</i>	569
COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO BAIXO SÃO FRANCISCO SERGIPANO.....	574
<i>Camilo Rafael Pereira Brandão; Inajá Francisco de Sousa;</i>	574
MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA COMO FERRAMENTA PARA OTIMIZAR O PLANEJAMENTO E MANEJO DE PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO.....	579
<i>Elvis Felipe Elli; Paulo Cesar Sentelhas; Rafaela L. Carneiro; Clayton A. Alvares;</i>	579
UTILIZAÇÃO DO MODELO “ZAE” PARA A INDICAÇÃO DE DATAS DE PLANTIO DA CANA-DE- AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS-GO	584
<i>Jéssica Sousa Paixão; Derblai Casaroli; Rafael Battisti; José Alves Júnior; Adão Wagner Pêgo Evangelista;...</i>	584
AVALIAÇÃO DE BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS EM GRADE: UMA COMPARAÇÃO PARA RIO VERDE-GO.....	589
<i>MAYARA PAIVA SIQUEIRA; NATHÁLIA APARECIDA ARAÚJO LEÃO; LUCAS DA COSTA SANTOS; SANDRA MÁSCIMO DA COSTA E SILVA;</i>	589
EQUAÇÃO DE ANGSTROM-PRESCOTT NA ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO GLOBAL EM DIFERENTES LATITUDES DA AMAZÔNIA.....	593
<i>Adilson Pacheco de Souza; Charles Campoe Martim; Wisnel Joseph; Luana Bouvié; Daniela Roberta Borella;</i>	593
ESTIMATIVA DA IRRADIAÇÃO SOLAR EM PLANOS INCLINADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ-AL.	604
<i>Ricardo Araujo Ferreira Junior; Leandro Vinícius Gomes da Silva; José Leonaldo de Souza;</i>	604
IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO DE BALANÇO DE ENERGIA NO MODELO DSSAT-CSM-CROPGRO.....	609
<i>Santiago Vianna Cuadra; Bruce A. Kimball; Kenneth J. Boote; Andrew E. Suyker; Nigel Pickering;</i>	609
RISCO TÉRMICO POR ALTAS TEMPERATURAS PARA O FEIJOEIRO EM PASSO FUNDO - RS..	614
<i>Sidinei Zwick Radons; Guilherme Masarro Araujo; Lana Bruna de Oliveira Engers; Mariana Poll Moraes; Pedro Henrique Welter;</i>	614
ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE TRÊS BANCOS DE DADOS METEOROLÓGICOS EM JATAÍ-GO	619
<i>João Carlos Rocha dos Anjos; Derblai Casaroli; José Alves Júnior; Jéssica Sousa Paixão; Rafael Battisti;</i>	619

BANCOS DE DADOS CLIMÁTICOS NA ESTIMATIVA DE PENALIDADES POR DÉFICIT HÍDRICO E MANEJO NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	624
<i>João Carlos Rocha dos Anjos; Derblai Casaroli; José Alves Júnior; Jéssica Sousa Paixão; Adão Wagner Pêgo Evangelista;.....</i>	<i>624</i>
FATORES INFLUENTES NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO DO OESTE BAIANO.	629
<i>Daniel Pereira Guimarães; Elena Charlotte Landau; Gabriel Ribeiro Brandão;.....</i>	<i>629</i>
DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO DO FEIJOEIRO NAS ÉPOCAS DAS ÁGUAS E INVERNO.....	639
<i>Ludmilla Ferreira Justino; Alexandre Bryan Heinemann;.....</i>	<i>639</i>
PRODUTIVIDADE DA SOJA SIMULADA COM BASE EM ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO ENTORNO DE GOIÂNIA, GO.....	643
<i>Kayc Richard Dos Santos Rodrigues; Rafael Battisti; Fábio Miguel Knapp; Jéssica Sousa Paixão; Derblai Casaroli;.....</i>	<i>643</i>
MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DE AÇAZEIRO.....	648
<i>José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes; Glauco de Souza Rolim; Lucieta Guerreiro Martorano; Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido; João Tomé de Farias Neto;.....</i>	<i>648</i>
SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE GERMINAÇÃO PRÉ-COLHEITA EM TRIGO NO BRASIL: O MODELO.....	653
<i>Gilberto Rocca da Cunha; Aldemir Pasinato; Eliana Maria Guarienti; João Leonardo Fernandes Pires; Ricardo Lima de Castro;.....</i>	<i>653</i>
CALIBRAÇÃO DE EQUAÇÕES EMPÍRICAS PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM PARAGOMINAS-PA.....	658
<i>Whesley Thiago Dos Santos Lobato; Ewelyn Regina Rocha Silva; Julio Cesar Vieira Frare; Denis de Pinho Sousa; Deborah Luciany Pires Costa;.....</i>	<i>658</i>
CALIBRAÇÃO DO MODELO CROPGRO-SOYBEAN NA SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	663
<i>Marcos Antonio Vanderlei Silva; Thatyane Kary Grigório de Souza; Charles Cardoso Santana; Silas Alves Souza; Evandro Chaves de Oliveira;.....</i>	<i>663</i>
CALIBRAÇÃO DE EQUAÇÕES EMPÍRICAS PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA-PA.....	674
<i>Whesley Thiago Dos Santos Lobato; Julio Cesar Vieira Frare; Denis de Pinho Sousa; Carmen Grasiela Dias Martins; João Vítor de Nóvoa Pinto;.....</i>	<i>674</i>
AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO IMPACTO DO ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SERGIPE.....	680
<i>Damaris Santos da Silva; Fábio Rodrigues de Moura; Marcos Aurélio Santos da Silva; Ana Alexandrina Gama da Silva; Deise Maria de Oliveira Galvão;.....</i>	<i>680</i>
ANÁLISE DA CONTINUIDADE ESPACIAL DA TEMPERATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO.....	694
<i>Guilherme David Dantas; Luiz Antônio Oliveira;.....</i>	<i>694</i>
ESTUDO DE CASO DE UM ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO DA PRODUTIVIDADE CLIMÁTICA (ZARPRO).....	706
<i>JOSE EDUARDO BOFFINO DE ALMEIDA MONTEIRO; Santiago Viana Cuadra; Gilberto Rocca da Cunha; Luis Gustavo Barioni; Alan Massaru Nakai;.....</i>	<i>706</i>

RESPOSTAS DOS CICLOS DE CULTURAS AGRÍCOLAS ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO BIOMA CERRADO.....	715
<i>Aryeverton Fortes de Oliveira; Santiago Viana Cuadra; Daniel de Castro Victoria; José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro; Alan Massaru Nakai;.....</i>	
CONTINUIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL – BRASIL, ENTRE 2004-2014	719
<i>Eduardo Petrucci; Luiz Antônio de Oliveira;.....</i>	
SIMILARIDADES ENTRE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO QUANTO AO INÍCIO DA ESTAÇÃO CHUVOSA.....	734
<i>Aline de Holanda Nunes; Mári Andrea Feldman Firpo; Ana Maria Heuminski de Ávila; Jurandir Zullo Júnior; Caio Augusto dos Santos Coelho;.....</i>	
ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA A MICRORREGIÃO DE SÃO VICENTE DA SERRA, CAMPO VERDE, MT.....	740
<i>Oswaldo José de Oliveira; Leandro da Silva Cotrim; Jholian Maicon Ribeiro Santos; Marcos Antônio da Silva; Luciana Carmona Malveze da Silva;.....</i>	
5. Clima, Produção Agrícola e Indicadores Socioeconômicos	745
ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA SOJA NA MICRORREGIÃO CHAPADA DOS VEADEIROS - GO	745
<i>Danielle de Paula Oliveira; Mhariana Fernandes Ferreira; Igor Henrique Silva Castilho; Jordana Augusta Veronez Silva; Leonardo Batista Pedroso;.....</i>	
ESTUDOS MORFOMÉTRICOS E ANÁLISE DAS LINHAS DE ESCOAMENTO DA MICROBACIAS EXPERIMENTAL DO RIBEIRÃO PARAÍSO MORRINHOS GOIÁS.....	749
<i>Tulio Rabelo Da Silva; Jaqueline de Oliveira Lima;.....</i>	
PRODUTIVIDADE DE ALHO VERNALIZADO NA REGIÃO SUL DO BRASIL	760
<i>LOURDES SANTINA WILPERT; LEOSANE CRISTINA BOSCO; CAROLINA DO NASCIMENTO LONGHI;.....</i>	
A CULTURA DA SOJA NA REGIÃO DE PASSO FUNDO-RS: IMPACTOS DA DATA DE SEMEADURA NA PRODUTIVIDADE, FENOLOGIA E EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.....	770
<i>Rogério de Souza Nóia Junior; Clyde Willian Fraisse; Maurício Alex Zientarski Karrei; Daniel Perondi;.....</i>	
ESTUDO AGROCLIMÁTICO REGIONALIZADO PARA IMPERATRIZ – MA, COMO SUBSÍDIO À EPOCA DE PLANTIO PARA A CULTURA DO MILHO.	775
<i>LUCILARA RODRIGUES MENDES; FERNANDO JOSÉ PEREIRA FERREIRA; MESSIAS GALVÃO ABREU; LUANA CORREA SILVA; RONALDO HAROLDO NASCIMENTO DE MENEZES;.....</i>	
INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MILHO EM SISTEMA DE SEQUEIRO EM SIMÃO, SERGIPE	780
<i>Loise Marie Cardoso Santos; Ana Paula Silva de Santana; Alceu Pedrotti; Fernanda Cristina Caparelli de Oliveira; Thaís Souza dos Santos;.....</i>	
ÉPOCAS RECOMENDADAS PARA O PLANTIO DA SOJA NA REGIÃO DE GERAIS DE BALSAS-MA	786
<i>Lucilara Rodrigues Mendes; Keliâne Paiva da Silva; Mário Augusto Pereira Júnior; Fernando José Pereira Ferreira; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes;.....</i>	
RELAÇÃO ENTRE ACIONAMENTOS DO GARANTIA-SAFRA, PRECIPITAÇÃO E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	790
<i>Daniel de Castro Victoria; Aryeverton Fortes de Oliveira; Santiago Vianna Cuadra;.....</i>	

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVO DE MILHO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO	800
<i>Ricardo Araujo Ferreira Junior; Allan Hemerson de Moura; Iêdo Teodoro; José Leonaldo de Souza; Marcelo Augusto da Silva Soares;</i>	
	800
INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO NO BRASIL.....	804
<i>Lana Bruna de Oliveira Engers; Jean Francesco Wille Donel; Pedro Henrique Welter; Sidinei Zwick Radons; Aline Ulzefer Henck;.....</i>	
	804
PRECIPITAÇÃO NO QUADRIMESTRE CHUVOSO NA REGIÃO DO BIOMA CAATINGA E A RELAÇÃO COM A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR	808
<i>Santiago Vianna Cuadra; Daniel de Castro Victoria; Aryeverton Fortes de Oliveira1; Michelle Simões Reboita; Jose Eduardo Boffino de Almeida Monteiro;</i>	
	808
RISCOS CLIMÁTICOS PARA A OLIVEIRA NO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	813
<i>Cristina Pandolfo; Wilian da Silva Ricce; Eduardo Cesar Brugnara; Luiz Fernando de Novaes Vianna; Angelo Mendes Massignam1;.....</i>	
	813
O EFEITO DE DIFERENTES DOSE DE FÓSFORO NAS BRAQUIÁRIAS, CULTIVARES MARANDU E MG5 VITÓRIA, EM SOLO AMAZÔNICO	818
<i>Luciano Augusto Souza Rohleder; Carlos Alexandre Santos Querino; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino; Celina Costa Martins; Jaiara Almeida de Oliveira;.....</i>	
	818
GERMINAÇÃO DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO E HÍDRICO	823
<i>Lucas Alexandre dos Santos Rocha; Olavo José Marques Ferreira; João Pedro Ferreira Santos; Itamara Bonfim Góis; Renata da Silva-Mann;.....</i>	
	823
EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL EM GOIÁS E A INEFICIÊNCIA O CONTROLE POR PARTE DO PODER PÚBLICO	828
<i>Renato Adriano Martins; Eduardo Vieira dos Santos; Jaqueline de Oliveira Lima; Sandy Thaynara Rosa da Silva; Wellington Henrique da Silva;</i>	
	828
INDICADORES ECONÔMICOS DA CULTURA DA BATATA-DOCE NO MUNICÍPIO DE MALHADOR-SE	839
<i>Edwin Thawan Andrade Prado; ALAN OLIVEIRA MATOS; Hemilly Cristina Menezes de Sá; JOSE ROMARIO DA SILVA;</i>	
	839
CRESCIMENTO DAS FORRAGEIRAS DA ESPÉCIE PANICUM SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÕES EM SOLO AMAZÔNICO.....	848
<i>Jaiara Almeida de Oliveira; Carlos Alexandre Santos Querino; Luciano Augusto Souza Rohleder; Marcos André Braz Vaz; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino;</i>	
	848
PRODUTIVIDADE DE ALGODÃO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	858
<i>Polianna Alves Silva Dias; Josilene Alves dos Reis; Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso; Larissa Barbosa de Sousa; Cynthia Pereira Gundim;.....</i>	
	858
CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE BOVINOS LEITEIROS EM BARREIRAS-BA.....	863
<i>Weverson Lustoza Almeida; Leticia da Silva Menezes; Marcos Antonio Vanderlei Silva; Charles Cardoso Santana; Silas Alves Souza;.....</i>	
	863
ÉPOCA DE SEMEADURA NA QUALIDADE DE FIBRA DE ALGODÃO	872
<i>Polianna Alves Silva Dias; Larissa Barbosa de Sousa; Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso; Cynthia Pereira Gundim; Victor Martins da Silveira;</i>	
	872
PRODUÇÃO DE MILHO CRIOULO POR SEQUEIRO E COM IRRIGAÇÃO NO SUL DE SERGIPE ...	877

<i>João Pedro Ferreira Santos; Itamara Bomfim Gois; ; Lucas Alexandre dos Santos Rocha; Olavo José Marques Ferreira; Renata Silva-Mann;.....</i>	877
EXPANSÃO DA ÁREA CULTIVADA E INCREMENTO PRODUTIVO DA CULTURA DA SOJA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS NO SUDOESTE DE GOIÁS.....	881
<i>Ciro Alberto de Oliveira Silva; Guilherme Henrique Rodrigues Pinheiro; Prissila Pereira dos Santos e Araújo; Thiago Rocha; Hildeu Ferreira da Assunção;</i>	881
MONITORAMENTO DO CRESCIMENTO DE LINHAGENS DE AMENDOIM COM BASE DO NDVI E TEMPERATURA DO DOSSEL	886
<i>Pedro Henrique Magalhaes de Souza; Ana Laura Pereira Souza; Danielle Fabíola Pereira da Silva; Hildeu Ferreira da Assunção;</i>	886
INDICADORES ECONÔMICOS DA CULTURA DA CEBOLA NA REGIÃO DE IRECÊ NO MUNICÍPIO DE AMÉRICA DOURADA-BA	891
<i>Joabe Santos Sousa Peixoto; Hemilly Cristina Menezes de Sá; Edwin Thawan Andrade Prado; Maisa Silva Menezes; Otávio César Taveira Déda;</i>	891
CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE BOVINOS LEITEIROS EM BARREIRAS-BA.....	901
<i>Weverson Lustoza Almeida; Leticia da Silva Menezes; Marcos Antonio Vanderlei Silva; Charles Cardoso Santana; Silas Alves Souza;.....</i>	901
ESTIMATIVA DA DIFERENCIAÇÃO DA PANÍCULA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO ATRAVÉS DA SOMA TÉRMICA POR SUBGRUPOS DE MATURAÇÃO	912
<i>Silvio Steinmetz; Santiago Vianna Cuadra; Ivan Rodrigues de Almeida; Taivan Barcia Dias; Pedro Augusto Bianchini Schena;.....</i>	912
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICAS E DA REDE DE DRENAGEM DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO PARAÍSO – MORRINHOS – GOIÁS	917
<i>JAQUELINE DE OLIVEIRA LIMA; RENATO ADRIANO MARTINS; TÚLIO RABELO; RONIEL SANTANA DE OLIVEIRA; Kamilla Aparecida Alves;</i>	917
6. Meteorologia e Climatologia	928
ANÁLISE DO REGIME PLUVIOMÉTRICO DA MICRORREGIÃO GEOGRÁFICA MEIA PONTE, ESTADO DE GOIÁS.....	928
<i>Nikson Elias Pinto da Silva; Leonardo Batista Pedroso;</i>	928
EFEITO DO EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO EM BOCA DO ACRE E LÁBREA, MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS	931
<i>Sara Angélica Santos de Souza; Carlos Alexandre Santos Querino; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino; Paulo André da Silva Martins; Paula Caroline dos Santos Silva;</i>	931
RISCOS CLIMÁTICOS PARA A BROTAÇÃO DE VIDEIRAS NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	941
<i>Marco Antônio Fonseca Conceição;.....</i>	941
CLIMATOLOGIA DE COBERTURA DE NUVENS EM PERÍODO DE EL-NIÑO E LA-NIÑA SOBRE A REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL	944
<i>Vanessa Lima Emidio; Juan Jacque Monteiro; Marcelo Barbio Rosa; Rita de Cássia Silva von Randow;.....</i>	944
EFEITO DO EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO EM BOCA DO ACRE E LÁBREA, MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS	949
<i>Sara Angélica Santos de Souza; Carlos Alexandre Santos Querino; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino; Paulo André da Silva Martins; Paula Caroline dos Santos Silva;</i>	949

ANÁLISE DE ÍNDICES CLIMÁTICOS DE TEMPERATURA DO AR EM TRÊS CIDADES DO MATO GROSSO.....	959
<i>Wisnel Joseph; Adilson Pacheco de Souza; Marlus Sabino;</i>	<i>959</i>
VARIAÇÃO CLIMÁTICA NA CIDADE DE BARRA DO GARÇAS-MT.	964
<i>Romário Rosa de Sousa; Alfredo Arantes Guimarães Silveira; Igor Antônio Silva; Gleidson Caetano da Silva; 964</i>	
CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DOS MUNICÍPIOS DE CHAPECÓ/SC E CAÇADOR/SC PARA O CULTIVO DE OLIVEIRA	977
<i>Cristina Pandolfo; Eduardo Cesar Brugnara; Luiz Fernando de Novaes Vianna; Willian da Silva Ricce; Angelo Mendes Massignam;</i>	<i>977</i>
TENDÊNCIA DA TEMPERATURA MÍNIMA DO AR NA CIDADE DE BAGÉ-RS	982
<i>Letícia Prechesniuki Alves; Fernando Rafael Batista Ribeiro Júnior; Graciela Redies Fisher; Leonardo José Gonçalves Aguiar;</i>	<i>982</i>
DURAÇÃO DE VERANICOS E INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS PARA A CIDADE DE PALMEIRAS DE GOIÁS – GO	986
<i>Felipe Cruz Ferreira; Anderlirio Borges de Souza Junior; Diego Simões Fernandes; Wilber Pereira Machado; Gustavo Venâncio de Almeida Moura;.....</i>	<i>986</i>
CASOS DE LEPTOSPIROSE NAS CAPITAES DO NORDESTE BRASILEIRO E SUA RELAÇÃO COM EVENTOS DE CHUVA E TEMPERATURA.....	994
<i>Silvania Donato da Silva; José Francisco de Oliveira-Júnior; Elania Barros da Silva;</i>	<i>994</i>
BALANÇO HIDRICO EM GOIÁS: UM ESTUDO NOS MUNICÍPIOS DE JATAÍ, ITUMBIARA E POSSE	999
<i>Bruno Jefferson Soares de Oliveira; Igor Silva Ferreira Vilela; Guilherme Victor Andrade Assis; Maria José Rodrigues; Hildeu Ferreira da Assunção;.....</i>	<i>999</i>
A INFLUÊNCIA DOS VERANICOS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA PARA O MUNICÍPIO DE PALMEIRAS DE GOIÁS	1004
<i>Anderlirio Borges de Souza Júnior; Felipe Cruz Ferreira; Diego Simões Fernandes; Wilber Pereira Machado; Luana Meneses de Moura;</i>	<i>1004</i>
ÍNDICE DE ANOMALIA E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS NO ESTADO DO TOCANTINS	1011
<i>Fabrcio Teixeira Alves; Vanderlei de Oliveira Ferreira;.....</i>	<i>1011</i>
ESPACIALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE VERANICOS EM GOIÁS NO PERÍODO DE 1975 A 2005	1021
<i>Felipe Cruz Ferreira; Diego Simões Fernandes; Anderlirio Borges de Souza Júnior;</i>	<i>1021</i>
COMPORTAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DAS CHUVAS NA REGIÃO OESTE DA BAHIA	1028
<i>Charles Cardoso Santana; Marcos Antonio Vanderlei Silva; Silas Alves Souza; Weverson Lustoza de Almeida; Thatyane Kary Grigorio de Souza;.....</i>	<i>1028</i>
POTENCIAL DE RISCO DE INCÊNDIO COM BASE EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	1040
<i>GEISIANE BARBOSA DO CARMO ARMENDRO; ANDREZA ARCANJO PUGER; ISABELLA ISIS LIMA DOS SANTOS; IAGO ANDERSEN DE OLIVEIRA CAMPOS; MICHELLE YUMI TATIBANA;</i>	<i>1040</i>
MUDANÇA NA COBERTURA E USO DO SOLO E FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÁ/MT.....	1044
<i>Michelle Yumi Tatibana; Vanusa de Souza Pacheco Hoki; Ian Felipe Cabral; Luciana Sanches; Jean Carlos Pinto de Arruda Oliveira;</i>	<i>1044</i>

ANÁLISE DE PADRÕES DE SECA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇÚ NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	1049
<i>Pedro Vieira de Azevedo; Madson Tavares Silva; Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão; Kamilla Souza Santos; Santana Livia de Lima;.....</i>	
RETRATAÇÃO DOS ASPECTOS E DE EVENTOS CLIMÁTICOS DE GOIÂNIA PELA MÍDIA: CONTEXTUALIZAÇÃO E POTENCIALIDADES DE USO NO AMBIENTE ESCOLAR	1058
<i>Vitor Pereira Cruz; Nicali Bleyer Ferreira dos Santos; Diego Tarley Ferreira Nascimento;</i>	
ANALISE DESCRITIVA E IMPACTOS DA CHUVA OCORRIDA 19/09/2018 NA CIDADE DE CATALÃO-GO	1066
<i>Natália de Souza Santos; Rafael de Ávila Rodrigues;.....</i>	
CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE NEBULOSIDADE EM CIDADES DO VALE DO RIBEIRA UTILIZANDO ARVORES DE DECISÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGIAS COMUNS	1071
<i>Érico Tadao Teramoto; Darllan Collins da Cunha e Silva; Davi José Caetano Rocha; Eduardo Nardini Gomes; Levi Pompermayer Machado;.....</i>	
POSSIBILIDADES DE ANÁLISES DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS PRECIPITAÇÕES A PARTIR DO PLUVIOGRAMA DE SCHRODER	1081
<i>Guilherme Cardoso da Silva; Diego Tarley Ferreira Nascimento; Marco Aurélio Pessoa de Souza;</i>	
AVALIAÇÃO DE MODELOS PARA A ESTIMATIVA DECENDIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	1092
<i>Marco Antônio Fonseca Conceição;.....</i>	
UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AGROCLIMÁTICO	1096
<i>Francielle de Siqueira Castro; Rafael Jeremias de Santana; Paulo Cezar Mendes;.....</i>	
INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO VERÃO 2018/2019 E SEUS EFEITOS NO PARANÁ, BRASIL	1107
<i>Andrea Malheiros Ramos;.....</i>	
A PREVISÃO DO TEMPO A SERVIÇO DA SOCIEDADE ATRAVÉS DE RÁDIO E MÍDIAS DIGITAIS	1114
<i>Taís BRuna Tiss dos santos; Vitor Sales Cardoso; Frank Junior Tiss Dos Santos; Rafael de Ávila Rodrigues;.....</i>	
7. Micrometeorologia	1118
IMPACTO NO BALANÇO DE ONDA LONGA EM SUBSTITUIÇÃO DE MATA ATLÂNTICA POR CANAVIAL NA ESTAÇÃO CHUVOSA EM ALAGOAS	1118
<i>Misael Ferreira dos Santos; Marcos Antonio Lima Moura; Ricardo Araújo Ferreira Junior; Carlos Alexandre Santos Querino; José Marcelo Lopes Júnior;</i>	
IMPACTO NO BALANÇO DE ONDA LONGA EM SUBSTITUIÇÃO DE MATA ATLÂNTICA POR CANAVIAL NA ESTAÇÃO SECA EM ALAGOAS.....	1122
<i>Misael Ferreira dos Santos; Marcos Antonio Lima Moura; Ricardo Araújo Ferreira Junior; Carlos Alexandre Santos Querino; José Marcelo Lopes Júnior;</i>	
BALANÇO DE ENERGIA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO EM DIFERENTES ECOSISTEMAS – FLORESTA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA	1126
<i>Raíssa Soares de Oliveira; Hillândia Brandão da Cunha; Mariana Reis; Alessandro Augusto dos Santos Michiles; Marta Sá;</i>	
TEMPERATURA DE FOLHAS DA CANOLA EM NOITES ANTERIORES À OCORRÊNCIA DE GEADA	1132

<i>Samuel Kovaleski; Genei Antonio Dalmago; Arno Bernardo Heldwein; Jorge Alberto de Gouvêa;.....</i>	1132
DINÂMICA DA ASSIMILAÇÃO PRIMÁRIA BRUTA DA SOJA NO SUL DO BRASIL	1137
<i>Gustavo Pujol Veeck; Genei Antonio Dalmago; Débora Regina Roberti; Lidiane Bulignon; Anderson Santi;....</i>	1137
AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS MOD16 E MOD17 COM DADOS DE TORRE DE FLUXO NO BIOMA PAMPA BRASILEIRO.....	1142
<i>Tiago Bremm; Vanessa de Arruda Souza; Lucas Augusto Fagundes; Cristiano Maboni; Débora Regina Roberti;</i>	1142
AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA CHUVA EM MICRO ESCALA	1147
<i>Brena Geliane Ferneda; Karlmer Abel Bueno Correa; Felipe Gustavo Pilau;</i>	1147
ANÁLISE DAS COMPONENTES DO SALDO DE RADIAÇÃO: MEDIDAS IN SITU E ESTIMATIVAS COM O MODELO SEBAL.....	1152
<i>Tiago Bremm; Lucas Augusto Fagundes; Vanessa de Arruda Souza; Cristiano Maboni; Débora Regina Roberti;</i>	1152
INFLUÊNCIA DO COMPONENTE ARBÓREO NA INTERCEPTAÇÃO DE RADIAÇÃO EM SISTEMA SILVIPASTORIL	1157
<i>Nilson Aparecido Vieira Junior; Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva; Juliano Mantellatto Rosa; Letícia Gonçalves Gasparotto; Fábio Ricardo Marin;.....</i>	1157
TEMPO DE DEFASAGEM ENTRE A PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS	1167
<i>Ana Cristina Xavier de Carvalho; Luciana Sanches;</i>	1167
PERFIL DE TEMPERATURA DO SOLO NO CENTRO DE ESTUDOS COSTEIROS MODESTO RODRIGUES.....	1171
<i>Mateus da Silva Rebelo; Robson Gabriel Freitas da Silva; Fabiany Cristiny Azevedo Franco; Barbara Farias Ribeiro; José de Paulo Rocha da Costa;.....</i>	1171
REVISITING THE CROP COEFFICIENT–REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION PROCEDURE FOR IMPROVING IRRIGATION MANAGEMENT.....	1177
<i>Fábio R. Marin; Luiz R. Angelocci; Daniel S. P. Nassif; Murilo S. Vianna; Felipe G. Pilau;.....</i>	1177
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MODELOS PARA O CÁLCULO DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA EM PETROLINA	1183
<i>Jéssica Rodrigues Delgado; Thomas Rocha Ferreira; Bernado Barbosa da Silva;.....</i>	1183
CONDIÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS DA SOLOTECA DA EMBRAPA SOLOS-RJ.....	1188
<i>Evaldo de Paiva Lima; Rosandro Boligon Minuzzi; Yuri de Almeida Lyra Corrêa; Camila Sanches de Oliveira;</i>	1188
EFEITO DE CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO DE GEADA NAS TROCAS DE CO₂ NO BIOMA PAMPA	1193
<i>Debora Regina Roberti; Gustavo Pujol Veeck; Tiago Bremm; Cristiano Maboni; Ricardo Acosta Gotuzzo;.....</i>	1193
8. Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera	1196
ÉPOCA DE SEMEADURA DO ALGOEIRO NA REGIÃO DE DOURADOS, MS, COM BASE NO RISCO CLIMÁTICO	1196
<i>Carlos Ricardo Fietz; Eder Comunello; Danilton Luiz Flumignan; Fernando Mendes Lamas;.....</i>	1196
VARIABILIDADE DE FLUXO DE CALOR NO SOLO EM UM PLANTIO COMERCIAL DE AÇAIZEIRO, CASTANHAL-PA.....	1201

<i>Deborah Luciany Pires Costa; Erika de Oliveira Teixeira; João Vitor de Nóvoa Pinto; Carmen Grasiela Dias Martins; Joyse Tatiane Souza dos Santos;</i>	1201
PRODUTIVIDADE DE CUPUAÇU EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA.....	1205
<i>Maria de Lourdes Alcântara Velame; Adrielle Carvalho Monteiro; Stefany Porcina Peniche Lisboa; Matheus Lima Rua; Jaime Borges da Cunha Júnior;</i>	1205
ÁREA FOLIAR DO GIRASSOL SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO	1207
<i>Fábio Miguel Knapp; Guilherme Masarro Araujo; Mariana Poll Moraes; Felipe Puff Dapper; Sidinei Zwick Radons;.....</i>	1207
APLICAÇÃO DO ALGORITMO RANDOM FOREST NA PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	1212
<i>Hugo Guiné Pinto Ferreira; Alan Rodrigo Panosso; Gener Tadeu Pereira; Diogo Mazza Babieri; Lucas de Oliveira Gonçalves;</i>	1212
ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DA NECESSIDADE HÍDRICA DO TOMATEIRO PARA A REGIÃO EDAFOCLIMÁTICA DE CRISTALINA-GO.....	1217
<i>Enedino Pereira de Andrade Neto; Derblai Casaroli; José Alves Júnior; Adão Wagner Pêgo Evangelista; Rafael Battisti;.....</i>	1217
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA BERINJELA SUBMETIDA A DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO.....	1222
<i>Mariana Pizzatto; Adilson Pacheco de Souza; Andréa Carvalho da Silva; Rafaella Teles Arantes Felipe; Felipe Gomes Costa;</i>	1222
MODIFICAÇÕES FISIOLÓGICAS EM MUDAS DE CEDRO APÓS A APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO EM AMBIENTE PROTEGIDO	1228
<i>Maria Eunice Lima Rocha; Diana Jhulia Palheta de Sousa; Jessica Suellen Silva Teixeira; Cândido Ferreira de Oliveira Neto; Marlene de Matos Malavasi;.....</i>	1228
METABOLISMO DO CARBONO EM MUDAS DE AROEIRA SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM AMBIENTE PROTEGIDO	1242
<i>Maria Eunice Lima Rocha; Fernanda Ludmyla Barbosa de Souza; Mayra Taniely Ribeiro Abade; Cândido Ferreira de Oliveira Neto; Marlene de Matos Malavasi;</i>	1242
SOMA TÉRMICA NO CULTIVO DA BANANEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS	1247
<i>Derblai Casaroli; Charlismã Amorim do Couto; Angélica Daiane Lemos do Prado; Eli Regina Barboza de Souza; José Alves Júnior;</i>	1247
ESTIMATIVA DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE VIA SENSORIAMENTO REMOTO PARA O BIOMA PAMPA.....	1252
<i>Leonardo Machado Carvalho; Lucas Augusto Fagundes; Otávio Costa Acevedo; Debora Regina Robertti; Débora da Silva;</i>	1252
MASSA SECA DE RAIZ E PARTE AEREA DE GIRASSOL SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO....	1256
<i>Fábio Miguel Knapp; Mariana Poll Moraes; Guilherme Masarro Araujo; Sidinei Zwick Radons; Felipe puff Dapper;</i>	1256
INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO MAXIXE.....	1261
<i>Gregorio Guirado Faccioli; Elaine Barbosa de Souza; Fabiano Santos Santana; Camila Kaliane dos Santos Dantas; Izabella Lirio de Souza;</i>	1261
USO DA ESPECTROSCOPIA DE REFLECTANCIA PARA CLASSIFICAR A TEXTURA DO SOLO PARA FINS DE SEGURO AGRÍCOLA	1268

<i>Elisângela Benedet da Silva; Cristina Pandolfo; André Carnieletto Dotto; Alexandre ten Caten; Elvio Giasson;</i>	1268
ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DO NÍVEL DE COBERTURA DO SOLO	1273
<i>Danilton Luiz Flumignan; Henrique Soares Ribas; Cesar José da Silva; Éder Comunello; Carlos Ricardo Fietz;</i>	1273
O EXCESSO HÍDRICO NO SOLO LIMITA O DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA?	1278
<i>Alexandre Ferigolo Alves; Nereu Augusto Streck; Gilmara Peripolli Tonel; Paula de Souza Cardoso; Paulo Marcks;</i>	1278
DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA EM FUNÇÃO DO MANEJO EM TERRAS ALTAS E TERRAS BAIXAS	1283
<i>Bruna Lago Tagliapietra; Maritiele Naissinger da Silva; Eduardo Lago Tagliapietra; Amanda Thirza Lima Santos; Neila Silvia Pereira dos Santos Richards;</i>	1283
DÉFICIT HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO	1288
<i>João Pedro Ferreira Santos; Itamara Bomfim Gois; Lucas Alexandre dos Santos Rocha; Laura Catharine Dória Prata Lima; Renata Silva-Mann;</i>	1288
NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA DO ABACAXI PARA AS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO MUNICÍPIO DE JARAGUÁ-GO	1293
<i>Isabel de Sousa Vaz; Derblai Casaroli; Rafael Battisti; José Alves Júnior; Adão Wagner Pêgo Evangelista; ...</i>	1293
ANALISE COMPARATIVA ENTRE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM O BALANÇO HÍDRICO EM CARAZINHO - RS	1298
<i>Laura Pigatto Schaparini; Denise Cybis Fontana; Genei Antonio Dalmago; Grazieli Rodigheri;</i>	1298
USO DE UM ÍNDICE AGROMETEOROLÓGICO PARA A QUANTIFICAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM CANA-DE-AÇÚCAR	1308
<i>Jéssica Paixão; Derblai Casaroli; Rafael Battisti; Carlos Cesar Silva Jardim; Adão Wagner Pêgo Evangelista;</i>	1308
EFICIÊNCIA DO FILME DE PARTÍCULA NO CULTIVO DA BATATA-DOCE SOB ESTRESSE HÍDRICO APARTIR DOS 60 DIAS.	1313
<i>Karoline Louise Lima Dias; Alexandre Passos Oliveira; Laila Beatriz Santos Maciel; Nadja Tamires Borges Barbosa; Tássio de Jesus Vasconcelos;</i>	1313
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO EM CULTIVO DE AÇAIZEIRO EM CASTANHAL, PARÁ	1318
<i>Carmen Grasiela Dias Martins; Matheus Yan Freitas Silva; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes; Whesley Thiago Dos Santos Lobato; Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza;</i>	1318
FLORAÇÃO EM PLANTAS DE AÇAIZEIRO CULTIVADAS EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA.....	1323
<i>Igor Cristian de Oliveira Vieira; Stefany Porcina Peniche Lisboa; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes; Maria de Lourdes Alcântara Velame; Matheus lima rua;</i>	1323
COMPORTAMENTO DO FLUXO DE CALOR NO SOLO EM RELAÇÃO AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	1327
<i>Tamires Zimmer; Vanessa de Arruda Souza; Lidiane Buligon; Débora Regina Roberti;</i>	1327
RENDIMENTO DE POLPA DE CUPUAÇU EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA.....	1331
<i>Erika de Oliveira Teixeira; Igor Cristian de Oliveira Vieira; Gabriel Ito dos Santos Teixeira; Deborah Luciany Pires Costa; João Vítor de Nóvoa Pinto;</i>	1331

CORRELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS CLIMÁTICOS E A PRODUÇÃO DE CUPUAÇU EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, CASTANHAL-PA.....	1336
<i>Carmen Grasiela Dias Martins; Maria de Lourdes Alcântara Velame; Matheus Lima Rua; Stefany Porcina Peniche Lisboa; Deborah Luciany Pires Costa;</i>	
REANALISANDO O EFEITO DA RESISTÊNCIA DE SUPERFÍCIE PARA O MODELO DE PENMAN-MONTEITH.....	1341
<i>Rodolfo Armando de Almeida Pereira; Alexandre Ortega Gonçalves; Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva; Luiz Roberto Angelocci; Marcos Vinícius Folegatti;</i>	
USO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTES NA CULTURA DO PIMENTÃO E SUA INFLUÊNCIA RESIDUAL SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	1352
<i>JULIANA CARLA CARVALHO DOS SANTOS; Leandro Caixeta Salomão; Wildes Antonio da Silva Junior; Fernando Soares de Cantuário;</i>	
CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E TEOR DE UMIDADE DO SOLO EM PLANTIO DE AÇAIZEIRO EM CASTANHAL, PARÁ.....	1358
<i>MATHEUS YAN FREITAS SILVA; BIANCA NUNES DOS SANTOS; VANDEILSON BELFORT MOURA; AUGUSTO JOSÉ SILVA PEDROSO; CARMEN GRASIELA DIAS MARTINS;</i>	
ESTIMATIVA DE ALBEDO EM COBERTURA DE AÇAIZEIRO NOS MUNICÍPIOS PARAENSES CASTANHAL E CAPITÃO POÇO	1363
<i>Adrielle Carvalho Monteiro; Bruno Gama Ferreira; Larissa Ranielle da Silva Parente; Ewelyn Regina Rocha Silva; Denis de Pinho Souza;</i>	
EFLUXO DE CO₂ DO SOLO EM FLORESTA SAZONALMENTE INUNDÁVEL NO PANTANAL MATO-GROSSENSE.....	1367
<i>Vanessa Rakel de Moraes Dias; Luciana Sanches; Grazielle Martinez; Diego Fernando Daniel; Julia Gallo Barreto;</i>	
FLORAÇÃO EM PLANTAS DE AÇAIZEIRO CULTIVADAS EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA.....	1372
<i>Igor Cristian de Oliveira Vieira; Stefany Porcina Peniche Lisboa; Maria de Lourdes Alcântara Velame; Matheus Lima Rua; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes;</i>	
EMIÇÃO DE FLORAÇÃO DE AÇAIZEIRO EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, CASTANHAL-PA.....	1376
<i>Gabriel Ito dos Santos Teixeira; Matheus Yan Freitas Silva; Erika de Oliveira Teixeira; Adrielle Carvalho Monteiro; Bruno Gama Ferreira;</i>	
ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CULTURA DA SOJA CULTIVADA EM ÁREA DE CERRADO DO TOCANTINS.	1381
<i>Balbino Antonio Evangelista; Telma Maria do Vale; Leonardo José Motta Campos; Isabella Lopes Ribeiro; Santiago Vianna Cuadra;</i>	
COMPARAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA ESTIMADA PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH PARA ITAITUBA/PA E SINOP/MT.....	1387
<i>Julio Cesar Vieira Frare; Whesley Thiago Dos Santos Lobato; Ewelyn Regina Rocha Silva; Denis de Pinho Sousa; Carmen Grasiela Dias Martins;</i>	
ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA SINOP/MT PELOS MÉTODOS DE PENMAN-MONTEITH E THORNTHWAITE	1392
<i>Julio Cesar Vieira Frare; Denis de Pinho Sousa; Ewelyn Regina Rocha Silva; João Vítor de Nóvoa Pinto; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes;</i>	
QUALIDADE FISIOLÓGICA DA RÚCULA (ERUCA SATIVA) SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.....	1398

Lucas de Oliveira Nascimento; Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas; Diego Bispo dos Santos Farias; Alexsandro da Fonseca de Sousa; Eloy Costa de Mattos; 1398

9. Cartografia e Geotecnologias 1402

CLASSIFICAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-4..... 1402

Mirabor José Leite Júnior; Karla da Silva Rocha;..... 1402

AVALIAÇÃO DO USO DE VANT NO ESTUDO DA COBERTURA VEGETAL E DELIMITAÇÃO DE VEREDA NO PLANALTO CENTRAL BRASILEIRO 1413

Eduardo Vieira dos Santos; Frederico Augusto Guimarães Guilherme; Renato Adriano Martins; Mônica Aparecida Guimarães da Silva;..... 1413

AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE FUSÃO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT 8 SENSOR OLI COM ORFEO MONTEVERDI 1427

Fernanda Dantas Benvindo; Karla da Silva Rocha;..... 1427

DINÂMICA DO NDVI CALCULADO A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE METEOROLÓGICO GOES-16..... 1438

Jurandir Zullo Junior; Renata Ribeiro do Valle Gonçalves; Bruno Felipe Veloso; Wesley Ricardo da Silva Satelis; 1438

MAPEAMENTO DOS FOCOS DE EROSIÃO ASSOCIADOS AOS FETCHES..... 1449

Bruno de Santana Mendonça; Francisco Sandro Rodrigues Holanda; Lilian de Lins Wanderley; Igor Pinheiro da Rocha; Luiz Diego Vidal Santos;..... 1449

USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE FREI PAULO-SE MEDIANTE NDVI 1454

Saulo de Jesus Dantas; Maria Fernanda Oliveira Torres; Robério Anastácio Ferreira; Genilza Almeida da Graça; Marisa Silva Vieira;..... 1454

IMPACTOS BIOFÍSICOS DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO PARNAÍBA 1459

Bernardo Barbosa da Silva; Andreza Vitória Santos Tavares; Dryele Fernanda Barbosa Nascimento Miranda; Amanda Cartaxo de Souza; Melquizedek Rafael Duarte da Silva; 1459

SECAS E INUNDAÇÕES NO ESTADO DO ACRE: VARIABILIDADE SAZONAL, TEMPORAL E ESPACIAL. 1464

Resller da Silva Nogueira; Karla da Silva Rocha; Estefanny Castro de Souza; Laura de Souza Moraes Dueti; Edelin Jean Milien; 1464

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE PASTAGEM NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO ESTIMADA A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT 8..... 1476

Mariane dos Santos Pessanha; Suelen da Costa Faria Martins; Gustavo Bastos Lyra; Ednaldo Oliveira dos Santos; Marcel Carvalho Abreu; 1476

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS INTERPOLADOS DE ESTAÇÕES METEREOLÓGICAS CONVENCIONAIS (EMC) COM DADOS DA MISSÃO TRMM..... 1486

Alan Pereira da Silva Falcão Mendes; Grazieli Rodigheri; Marco Antonio de Oliveira; Samuel Gameiro; Felipe Cavallini Crespo;..... 1486

ANÁLISE DO DESMATAMENTO NO ENTORNO DA RODOVIA BR-317 ENTRE ASSIS BRASIL E XAPURI NO ACRE. 1494

Edelin Jean Milien; Karla da Silva Rocha; 1494

AValiação DO COMPORTAMENTO DO NDVI DA ESPÉCIE EUCALIPTO ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT - 8 OLI/TIRS.....	1502
<i>Déborah Lídyá Alves Sales; Haroldo Edson Antunes Capelloza;.....</i>	<i>1502</i>
ANÁLISE DE FOCOS DE CALOR E EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA, BRASIL	1506
<i>Ewelyn Regina Rocha Silva; Whesley Thiago dos Santos Lobato; João Vitor de Nóvoa Pinto; Júlio Cesar Vieira Frare; Denis de Pinho Sousa;</i>	<i>1506</i>
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS INTERPOLADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONVENCIONAIS (EMC) COM DADOS DA MISSÃO TRMM.....	1511
<i>Alan Pereira da Silva Falcão Mendes; Grazieli Rodigheri; Marco Antonio de Oliveira; Samuel Gameiro; Felipe Cavallini Crespo;.....</i>	<i>1511</i>
RECONHECIMENTO DE PERÍMETROS IRRIGADOS EM ÁREAS SEMIÁRIDAS POR SENSORIAMENTO REMOTO	1522
<i>Thomas Rocha Ferreira; Jéssica Rodrigues Delgado; Bernardo Barbosa da Silva;</i>	<i>1522</i>
AValiação DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DO NDVI NOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA SOJA CV. COODETEC / CD – 2728 IPRO ATRAVÉS DE IMAGENS DO LANDSAT 8	1566
<i>Déborah Lidya Alves Sales; Sinomar Oliveira Silva; Haroldo Edson Antunes Capelloza;.....</i>	<i>1566</i>
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO CICLO ANUAL DE PLANTIO/COLHEITA DE SOJA DA SAFRA ANUAL DE 2019 NA REGIÃO DO CHAPADÃO DE SANTO ANTÔNIO DO RIO VERDE – CATALÃO, GOIÁS, BRASIL	1571
<i>Ana Maria Rodrigues Vaz; Alfredo Arantes Guimarães Silveira; Rafael de Ávila Rodrigues;.....</i>	<i>1571</i>
ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO OBTIDA PELO SATÉLITE TRMM PARA O NORDESTE PARAENSE	1580
<i>Camila Duane Correa Gaia; Carmen Grasiela Dias Martins;</i>	<i>1580</i>
ELABORAÇÃO DE MAPAS PLUVIOMÉTRICOS E TÉRMICOS: UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA POR MEIO DE UM PASSO-A-PASSO SIMPLES E PRÁTICO.	1590
<i>Nathalie Ribeiro Silva; Paulo Cezar Mendes;</i>	<i>1590</i>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS E REMANESCENTES FLORESTAIS À PARTIR DE IMAGENS ORBITAIS DO SENSOR OLI	1602
<i>Oswaldo José de Oliveira; Jholian Maicon Ribeiro Santos; Marcos Antônio da Silva; Luciana Carmona Malveze da Silva; Renato dos Santos Resende Fortes;.....</i>	<i>1602</i>

FENOLOGIA DO MARACUJÁ SILVESTRE (*PASSIFLORA TENUIFILA* KILLIP) NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO BIOMA CERRADO

Jorge Antonini Anjos Antonini¹; Alexsandra Duarte de Oliveira¹; Ana Maria Costa¹
Autor para correspondência: jorge.antonini@embrapa.br

¹Embrapa Cerrados

RESUMO

O estudo da fenologia do maracujá silvestre (*Passiflora tenuifila* Killip) foi realizado na área experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, localizado na cidade de Planaltina, DF (Latitude: 15° 35' 30" S; Longitude: 47° 42' 30" W e altitude: 1030 m). As sementeiras foram efetuadas em oito épocas (março, abril, maio, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2011). A cultura foi irrigada por gotejamento e conduzida em espaldeira, com seis fios de arame. As durações das etapas de desenvolvimento da cultura foram registradas, bem como, as temperaturas médias e mínimas ocorridas nas respectivas etapas. As etapas estudadas foram da sementeira ao surgimento da primeira gema floral (S-GF), surgimento da primeira gema floral à antese (GF-AT), antese a maturação fisiológica do fruto (AT-MF) e sementeira à maturação fisiológica do fruto (S-MF). A duração da etapa S-GF variou de 70 a 86 dias, a etapa GF-AT variou de 17 a 21 dias e a etapa AT-MF variou de 45 a 51 dias. Considerando a etapa S-MF, observou-se que a variação do ciclo da cultura, em função da época de sementeira, variou 142 a 152 dias com desvio padrão de 1 a 5 dias. Em relação as temperaturas, observou-se maior correlação entre a duração das etapas de desenvolvimento com a temperatura mínima, indicando que este fator foi preponderante na duração do ciclo da primeira colheita da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Sementeira; Temperatura; Maturação

PHENOLOGY OF WILD PASSION FRUIT (*PASSIFLORA TENUIFILA* KILLIP) UNDER THE EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS OF THE CERRADO BIOME

ABSTRACT

The study of the phenology of wild passion fruit (*Passiflora tenuifila* Killip) was carried out in the experimental area of the Center for Agricultural Research of the Cerrados, located in the city of Planaltina, DF (Latitude: 15 ° 35'30 "S; Longitude: 47 ° 42'30" W and altitude: 1030 m). The sowing were in eight different dates (March, April, May, July, August, September, October and November 2011). The culture was irrigated by drip and conducted on a trellis, with six wire strands. The durations of the development stages of the crop were recorded, as well as the average and minimum temperatures occurred in the respective stages. The stages studied were of the sowing to emergence of the first floral bud (S-GF), of the appearance of the first floral bud to anthesis (GF-AT), of the anthesis to physiological maturation of fruit (AT-MF) and, of the sowing to the physiological maturation of the fruit S-MF). The duration of the S-GF stage ranged from 70 to 86 days, the GF-AT stage ranged from 17 to 21 days and the stage AT-MF step ranged from 45 to 51 days. Considering stage S-MF, it was observed that the variation of the crop cycle, as a function of the sowing season, ranged from 142 to 152 days. Regarding the temperatures, a higher correlation was observed between the duration of the development stages with the minimum temperature, indicating that this factor was preponderant in the duration of the cycle of the first crop of the crop.

KEY-WORDS: Seeding; Temperature; Maturation

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro silvestre (*Passiflora tenuifila* Killip), popularmente chamado de maracujá alho (PEREIRA et al., 2017), é uma espécie nativa do Brasil de ocorrência generalizada, crescendo, espontaneamente, tanto em região tropical como em temperada. Esta espécie tem recebido atenção especial da pesquisa por causa do seu potencial uso como planta medicinal e alimentícia (ALMEIDA et al., 2009). No entanto, pouco se sabe sobre a sua fenologia, ou seja, da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas. Sabe-se que os estudos da fenologia contribuem para o entendimento da regeneração e reprodução de plantas (TALORA & MORRELLATO, 2000). As espécies comerciais do maracujá desenvolvem-se em condições climáticas distintas, variando desde as regiões quentes dos trópicos (0° de latitude) até as de clima subtropical (35° latitude sul). Ainda, nas diferentes latitudes é cultivado em altitudes que variam desde o nível do mar até 3.200 m de altura. Nessas diferentes regiões as plantas apresentam crescimento e desenvolvimento em taxas bem distintas, assim como para uma mesma situação climática as espécies e híbridos também apresentam comportamentos diferentes (SILVA et al., 2005). O ciclo dos cultivares de maracujazeiro varia de acordo com as condicionantes agroclimáticas da região de cultivo. A duração das etapas de desenvolvimento do maracujazeiro amarelo varia com época de plantio e é inversamente proporcional à variação da temperatura média do ar e à radiação solar (RAMALHO et al., 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O trabalho teve como objetivo acompanhar e relacionar com a temperatura do ar média e mínima, a duração das etapas de desenvolvimento do maracujá silvestre *Passiflora tenuifila*, em diferentes fases de desenvolvimento, até a maturação fisiológica do fruto, no primeiro ano de produção, em sistema irrigado, na região do Cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Embrapa Cerrados (15° 35' 30" S; 47° 42' 30" W e 1030 m). Segundo Köppen, o clima é tropical Aw. A precipitação média anual foi de 1394 mm (SILVA et al., 2014). O solo do local é um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, textura argilosa. A correção e adubação foram realizadas de acordo com Guimarães et al. (2013). O experimento foi conduzido de maio de 2011 a julho de 2012. A espécie de maracujazeiro estudada foi a *Passiflora tenuifila*, popularmente conhecida como maracujá alho. As sementeiras foram efetuadas em oito épocas (março, abril, maio, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2011), em sacos plásticos, preenchidos com uma mistura de terra, areia e esterco de curral na proporção em volume de 1:1:1, respectivamente. As plantas emergentes, ao atingirem quinze centímetros de altura e quatro folhas, foram replantadas, individualmente, em sacos maiores, com o mesmo substrato. O transplante foi realizado para o local definitivo, quando as mudas atingiram setenta centímetros de altura e onze entrenós. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado. Tratamentos representados pelas épocas de semeadura. Unidade experimental representada por uma planta, com cinco repetições, escolhidas por sorteio em uma linha de plantio com dez plantas. As mudas foram plantadas em covas de 0,3 x 0,3 x 0,3 m com espaçamento 1,5 m e 2,5 m entre plantas e linhas, respectivamente. O sistema de condução utilizado foi em espaldeira, com seis fios de arames. A irrigação foi por gotejamento, aplicando-se um volume de 10 litros de água por planta por semana nos períodos de estiagem. Foi monitorada a duração das etapas de desenvolvimento da cultura, observadas da semeadura ao surgimento da primeira gema floral (S-GF), do surgimento da primeira gema floral à antese (GF-AT), da antese a maturação fisiológica do fruto (AT-MF) e da semeadura à maturação fisiológica do fruto (S-MF). Os dados diários de temperatura média (Tm) e temperatura mínima (Tmin) foram coletados na estação meteorológica próxima a área experimental. Os tratamentos foram comparados aplicando-se a análise de variância ao nível de significância de 5% e o teste de separação de médias de Scott-Knott, ao nível de 1%. Para avaliar a correlação entre a duração das etapas de desenvolvimento, com os valores médios da Tm e Tmin, ocorridos em cada etapa foi utilizado a análise de regressão e o teste F a 5% de probabilidade para verificar a adequação do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se os valores de duração das etapas de desenvolvimento, relativas ao período da primeira produção, bem como os valores médios da $T_{mín}$ e T_m que ocorreram nas respectivas etapas. Observa-se que na etapa AT-MF, não houve diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade, entre os valores médios de duração, observados em relação à época de semeadura. A duração média desta etapa foi de 47 dias, sendo abaixo do encontrado para maracujá amarelo por Silva (2008). Nas demais etapas houve diferença significativa de duração da etapa em relação a época de semeadura.

Considerando-se a etapa S-MF, na Tabela 1, observa-se que existem dois grupos, significativamente diferentes, podendo, desta forma adotar o valor médio de cada grupo. Portanto, para épocas de semeadura de março a maio e de julho a novembro, a duração média do ciclo da semeadura ao início de colheita, é de 149 e 144 dias, respectivamente. Não foi encontrado na literatura relatos a respeito da fenologia do *Passiflora tenuifila*, no entanto, no Estado do Paraná, de acordo com Carvalho et al. (2015), o primeiro ciclo produtivo do maracujazeiro amarelo (semeadura a maturação fisiológica do fruto) variou de 270 a 390 dias, para semeaduras realizadas no inverno e verão, respectivamente. Este resultado está de acordo com Silva et al. (2005), os quais, relatam que o maracujazeiro apresenta crescimento e desenvolvimento em taxas bem distintas, dependendo da espécie e das condições climáticas.

Tabela 1. Valores médios de duração (D), temperatura média (T_m) e mínima ($T_{mín}$) que ocorreram durante as etapas de desenvolvimento do maracujazeiro (*Passiflora tenuifila* Killip), identificadas da semeadura ao surgimento da primeira gema floral (S-GF), surgimento da primeira gema floral à antese (GF-AT), antese à maturação fisiológica do fruto (AT-MF) e semeadura à maturação fisiológica do fruto (S-MF), em cultivos irrigados estabelecidos em diferentes épocas de semeadura (ES), no DF.

ES	S-GF			GF-AT			AT-MF			S-MF		
	D	T_m	$T_{mín}$	D	T_m	$T_{mín}$	D	T_m	$T_{mín}$	D	T_m	$T_{mín}$
	(dia)	°C	°C	(dia)	°C	°C	(dia)	°C	°C	(dia)	°C	°C
Mar	70c	21,3	16,8	17b	19,8	14,6	51a	19,6	12,9	147a	20,6	15,1
Abr	81b	20,5	15,0	20b	20,0	12,6	47a	21,4	14,0	148a	20,8	14,4
Mai	86a	19,9	13,7	19b	21,1	13,4	47a	22,5	15,0	152a	21,0	14,2
Jul	82b	21,8	14,4	19b	21,2	17,1	45a	20,9	17,0	145b	21,5	15,6
Ago	78c	22,2	15,5	21a	20,5	16,6	45a	21,1	17,4	145b	21,7	16,2
Set	76c	23,4	17,5	21a	21,3	17,5	47a	21,0	17,7	144b	21,4	16,9
Out	80b	21,1	17,3	19b	20,6	17,4	46a	22,8	18,6	145b	21,6	17,8
Nov	76c	20,9	17,4	19b	22,6	18,3	47a	22,7	18,8	142b	21,8	18,0

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 1% de probabilidade.

O comportamento da relação, entre a duração das etapas de desenvolvimento e as médias das temperaturas média e mínima, que ocorreram nas diferentes etapas, estão apresentados na Tabela 2. Verifica-se, que quando a relação foi estabelecida com a T_m , o modelo proposto não foi significativo ao nível de 5% pelo teste F. No entanto, quando a relação foi estabelecida com a $T_{mín}$, o modelo foi significativo para as etapas S – GF e S – MF, indicando que o mesmo é adequado para descrever a relação da duração destas etapas com

a média da temperatura mínima ocorrida nas respectivas etapas, para as condições climáticas em que se desenvolveu o estudo. A etapa de desenvolvimento GF-AT apresentou uma correlação positiva com a temperatura do ar, diferenciando-se das demais etapas. Este comportamento foi observado por Utsunomiya (1992) em maracujá roxo, em que temperaturas mais altas proporcionam precocidade no florescimento. Todas as outras etapas apresentaram correlação negativa com a temperatura média e mínima, como observado por Ramalho et al. (2011). Observou-se, ainda na Tabela 2, maior correlação entre a duração das etapas de desenvolvimento e a temperatura mínima, indicando que este fator foi preponderante na duração do ciclo da primeira colheita da cultura.

Tabela 2. Relação da duração (D) das etapas de desenvolvimento do *Passiflora tenuifila* com os valores médios de temperatura média (Tm) e Temperatura mínima (Tmin) que ocorreram nas respectivas etapas, quando cultivado nas condições climáticas do Distrito Federal.

Etapas	Modelo	R ²	R	F
Relação de D com Tm				
S - GF	$D = -1,9293Tm + 119,9$	0,19	-0,43	1,40 ^{ns}
GF - AT	$D = 0,2455Tm + 14,3$	0,03	0,17	0,17 ^{ns}
AT - MF	$D = -0,8099Tm + 64,3$	0,23	-0,47	1,74 ^{ns}
S - MF	$D = -4,7826Tm + 247,9$	0,49	-0,70	5,84 ^{ns}
Relação de D com Tmin				
S - GF	$D = -2,3784Tmin + 116,6$	0,55	-0,74	7,21*
GF - AT	$D = 0,1209Tmin + 17,5$	0,04	0,20	0,24 ^{ns}
AT - MF	$D = -0,5764Tmin + 56,3$	0,45	-0,67	4,89 ^{ns}
S - MF	$D = -1,7704Tmin + 174,4$	0,73	-0,85	16,02*

*. ^{ns}: Significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; R²: Coeficiente de determinação; R: Coeficiente de correlação de Pearson; (S-GF), (GF-AT), (AT-MF) e (S-MF): Etapas de desenvolvimento da sementeira ao surgimento da primeira gema floral, do surgimento da primeira gema floral à antese, da antese à maturação fisiológica do fruto e da sementeira à maturação fisiológica do fruto, respectivamente.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal, o tempo necessário para atingir a primeira colheita do maracujá *Passiflora tenuifila*, variou de 144 a 149 dias, em função da época de sementeira e a estimativa da duração do período necessário para o início do florescimento e da primeira colheita pode ser feita a partir de modelos lineares, tendo como variável independente a temperatura mínima média dos respectivos períodos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, B. C. de; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; VILLELA, J. G. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M.; GUIMARÃES, T. G.; SANTOS, J. B. dos. Variabilidade Genética de Acessos de *Passiflora tenuifila* Killip de três Gerações de Melhoramento com Base em Marcadores RAPD. In: Vilela, M. de F.; Faleiro, A. S. G.; Goulart, A. M. C.; Martins, E. de S.; Aquino, F. de G.; Silva, F. A. M. da; Nogueira, M. E.; Guimarães Júnior, R.; Soares, S. da L. (Org.). ENCONTRO DE JOVENS TALENTOS DA EMBRAPA

CERRADOS, 4, 2009. Planaltina DF. **Resumos eletrônicos...** Planaltina DF: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/jovenstalentos2012/>. Acesso em: 16 ago. 2013.

CARVALHO, S. L. C. DE; STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M. **Maracujá-amarelo: recomendações técnicas para cultivo no Paraná.** Londrina: IAPAR, 2015. 54 p. (Instituto Agrônômico do Paraná. Boletim Técnico, 83)

GUIMARÃES, T. G.; DIANESE, A. de C.; OLIVEIRA, C. M. de; MADALENA, J. O. de M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, H. C. de; CAMPOS, G. A. **Recomendações Técnicas para o cultivo de Passiflora cetaceae cv. BRS Pérola do Cerrado.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2013. 6p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 174).

PEREIRA, R. de C. A.; SILVEIRA, M. R. S. da; COSTA, A. M. **Maracujá Silvestre (Passiflora tenuifila Killip): Aspectos agronômicos e Característicos dos frutos.** Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 5 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 233)

RAMALHO, A. R.; Souza, V. F. de; Silva, M. J. G. da; Vieira Júnior, J. R.; Cassaro, J. D. **Condicionantes agroclimáticas e riscos tecnológicos para a cultura do maracujazeiro em Rondônia.** Porto Velo, RO: Embrapa Rondônia, 2011. 10 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 372)

SILVA, A. A. G. da; KLAR, A. E.; CAMPECHE, L. F. de S. M.; FACIOLLI, G. G.; SOUSA, I. F. de. Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.): aspectos relativos à fenologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2005.

SILVA, T. V. **Fisiologia do desenvolvimento dos frutos do maracujazeiro amarelo e maracujazeiro doce.** 2008. 155 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V. **Normal climatológica de 1974 a 2003 da Estação Principal da Embrapa Cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. 98 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 321).

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.1, p.13-26, mar. 2000.

UTSUNOMIYA, N. Effect of temperature on shoot growth, flowering and fruit growth of purple passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 52, n. 1, p.63-68, 1992.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP) MENSAL PELO MÉTODO DE THORNTHWAITE (1948) PARA A MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS.

Paulo André da Silva Martins¹; Carlos Alexandre dos Santos Querino²; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino²; Sara Angélica Santos de Souza³; Paula Caroline dos Santos Silva¹
Autor para correspondência: martins_silvaandre@yahoo.com.br

¹Discentes do programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA. Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de pesquisa Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia - GPIBA; ²Docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA da Universidade Federal do Amazonas - UFAM/IEAA. Grupo de pesquisa Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia - GPIBA; ³Discente do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de pesquisa Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia - GPIBA

RESUMO

A crescente demanda hídrica dos setores industriais, agrícola e uso urbano aliados a fatores meteorológicos, contribuem para menor disponibilidade hídrica nos dias atuais, propiciando maior irregularidade na distribuição espacial e temporal. Desta forma, a mensuração do montante de água que entra e sai do sistema Solo - atmosfera sistema é fundamental. Um dos métodos que quantifica esta saída é pela evapotranspiração potencial (ETp), pois é um importante parâmetro agro meteorológico, principalmente para planejamento e manejo de irrigação, mas, também, é considerada um elemento climático de demanda hídrica. Deste modo, este trabalho objetivou-se analisar a ETp para os municípios que compõem a mesorregião Sul do Amazonas, com a finalidade de subsidiar informações sobre o seu comportamento durante todos os meses do ano. Os dados foram coletados durante 10 anos (abril de 2008 a abril de 2018) nas estações meteorológicas automáticas (EMAS) do instituto nacional de meteorologia (INMET) localizadas nos municípios de Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre e Lábrea, Amazonas, Brasil. A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948). Os valores de ETp anuais ficaram próximas, Manicoré com 1604 mm e Apuí 1039 mm foram os maiores e menores valores, em média o período seco corresponde a 20% da ETp (junho a agosto), de transição a 18% (maio e setembro) e chuvoso com 62% (outubro a abril). A estimativa da ETp pelo método Thornthwaite (1948) mostrou-se satisfatória conseguindo mensurar a quantidade de água evapotranspirada em diversos períodos do ano.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia; Ciclo da água; Demanda hídrica

POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION (ETP) MONTHLY BY THE METHOD OF THORNTHWAITE (1948) FOR THE SOUTHERN MESORREGIÃO AMAZONAS

ABSTRACT

The increasing water demand of the industrial, agricultural and urban sectors allied to meteorological factors, contribute to a lower water availability in the current days, providing a greater irregularity in spatial and temporal distribution. In this way, the measurement of the amount of water entering and leaving the Soil - atmosphere system is critical. One of the methods that quantifies this output is by potential evapotranspiration (ETp), since it is an important agro-meteorological parameter, mainly for irrigation planning and management, but it is also considered a climatic element of water demand. Thus, this work aimed to analyze the ETp for the municipalities that make up the southern mesoregion of Amazonas, in order to subsidize information about its behavior during all months of the year. Data were collected for 10 years (April 2008 to April 2018) at the National Meteorological Institute (INMET) automatic meteorological stations located in the municipalities of Humaitá, Apuí, Manicoré, Boca do Acre and Lábrea, Amazonas,

Brazil . Potential evapotranspiration was calculated by the method of Thornthwaite (1948). The annual ETp values were close, Manicoré with 1604 mm and Apuí 1039 mm were the highest and lowest values, on average the dry period corresponds to 20% of ETo (June to August), transition to 18% (May and September) and rainy season with 62% (October to April). The ETp estimation by the Thornthwaite method (1948) was satisfactory, being able to measure the quantity of evapotranspired water in different periods of the year.

KEY-WORDS: Agrometeorology; Water cycle; Water demand

INTRODUÇÃO

O uso dos recursos hídricos é preponderante para a existência de vida na terra, é utilizado em diversas atividades humanas, na agricultura e no dia-dia das pessoas (DANTAS et al., 2000). Cerca de 70% de toda água potável disponível no planeta é utilizada na irrigação. Em razão disso nos últimos anos pesquisas vêm sendo empregadas no desenvolvimento de formas de economia de água em todo planeta (RIVERO et al., 2009). Uma das maneiras de entender a dinâmica do ciclo da água e seus mecanismos de saída, é o conhecimento da evapotranspiração potencial (ETp), esta variável pode auxiliar projetos de irrigação e manejo, assumindo fundamental importância para uma gestão adequada dos recursos hídricos (CARVALHO et al., 2011).

A ETp é a soma da transpiração dos vegetais, mais evaporação dos corpos d'água. Foi criada pela dificuldade em estimar o quanto de água cada uma das variáveis envia a atmosfera, dessa forma a ETp consegue responder o quanto de água é transferido a atmosfera no sistema solo planta (CARVALHO et al., 2011). Esse método foi proposto inicialmente por Thornthwaite em (1948) é definido como a perda de água de uma extensa superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica, a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local e da época do ano (ANDRADE JUNIOR et al., 2003).

Conceituar a ETp foi um dos maiores avanços na geração de conhecimento dos aspectos de umidade climática, desta forma, assim como a chuva, passou a ser um elemento climático meteorológico padrão e fundamental para entender as carências de água pela vegetação (CAMARGO e CAMARGO 2000).

A mesorregião Sul do Amazonas nos últimos anos tem se destacado quanto ao uso da terra pela agricultura e pecuária que é responsável pelo maior rebanho de bovinos do estado. A mesorregião teve um crescimento elevado nos últimos anos atraídos pelo baixo custo das terras e a expectativa de grande produtividade de grãos, que ao serem produzidos modificam a cobertura superficial do solo (MARTINS et al., 2014).

Alterações na cobertura do solo podem interferir na transferência de vapor d'água para a atmosfera além de alterar o balanço de radiação e, conseqüentemente, o balanço energético superficial, alterando desta forma o ciclo hidrológico da região, pois a demanda evaporativa e transpiratória do solo e plantas são alterados diminuindo a produtividade das plantações locais e modificando os micro climas (MACHADO et al., 2017; PAVÃO et al., 2017).

A mesorregião desempenha papel importante na produção agrícola regional, é responsável por grande parte da produção do estado do Amazonas. Em 2017 só a cidade de Manicoré teve uma safra de 300T de maracujá, 250T de mamão, 20T de goiaba, 540 mil frutos/anual de laranja, 37mil frutos/anual de limão, 4mil frutos/anual de cupuaçu, 854mil/cachos de banana, 250 mil frutos/ anual de abacaxi, 500T de açaí, 10 mil frutos/ anual de coco, 120T de feijão, 27T de milho, 70T de cacau e 11T de mandioca, é o maior produtor de melancia da região norte com quase 3 milhões de frutos/ anuais (IDAM 2018). Dada a importância que a mesorregião Sul do Amazonas tem no contexto estadual e regional amazônico, entender o funcionamento dos mecanismos de saída da água auxiliará no planejamento urbano e atividades agrícolas visando contribuir com o aumento da produção agrícola.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar a Evapotranspiração Potencial (ETp) para os municípios que compõem a mesorregião Sul do Amazonas, com a finalidade de subsidiar informações sobre o seu comportamento durante todos os meses do ano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na mesorregião sul do Amazonas e microrregião do Madeira e Purus onde concentram-se dez, dos sessenta e dois municípios do estado do Amazonas: Apuí, Boca do Acre, Canutama, Humaitá, Lábrea, Manicoré, Borba, Novo Aripuanã, Tapauá e Pauini, dos quais cinco (Apuí, Boca do Acre, Humaitá, Lábrea e Manicoré) foram analisados nesse estudo, pois são os únicos que possuem estações meteorológicas automáticas. A área territorial dos cinco municípios somadas totalizam 206,215 Km² e estão no quadrante delimitado pelas coordenadas 5° 48' 32" 07°30'22" S e 61° 18' 0" e 63° 01' 15" W e altitudes que variam entre 32m e 127m. A média populacional varia de 21,583 a 54,907 habitantes (IBGE, 2018) (Figura 1).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é tropical chuvoso (Chuvas de monção), com precipitação média anual de 2193,6 mm e elevadas temperaturas médias anuais variando de 27 a 25°C, com máxima e mínima mensal de 36 e 17 °C, como maior e menor temperatura no ano respectivamente. A média de umidade relativa do ar está entre 85 e 90%, podendo atingir níveis abaixo dos 60% nos períodos de seca (INMET, 2009). O período chuvoso acontece entre outubro e abril e o período seco ocorre entre junho a agosto, sendo maio e setembro considerados períodos de transição (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

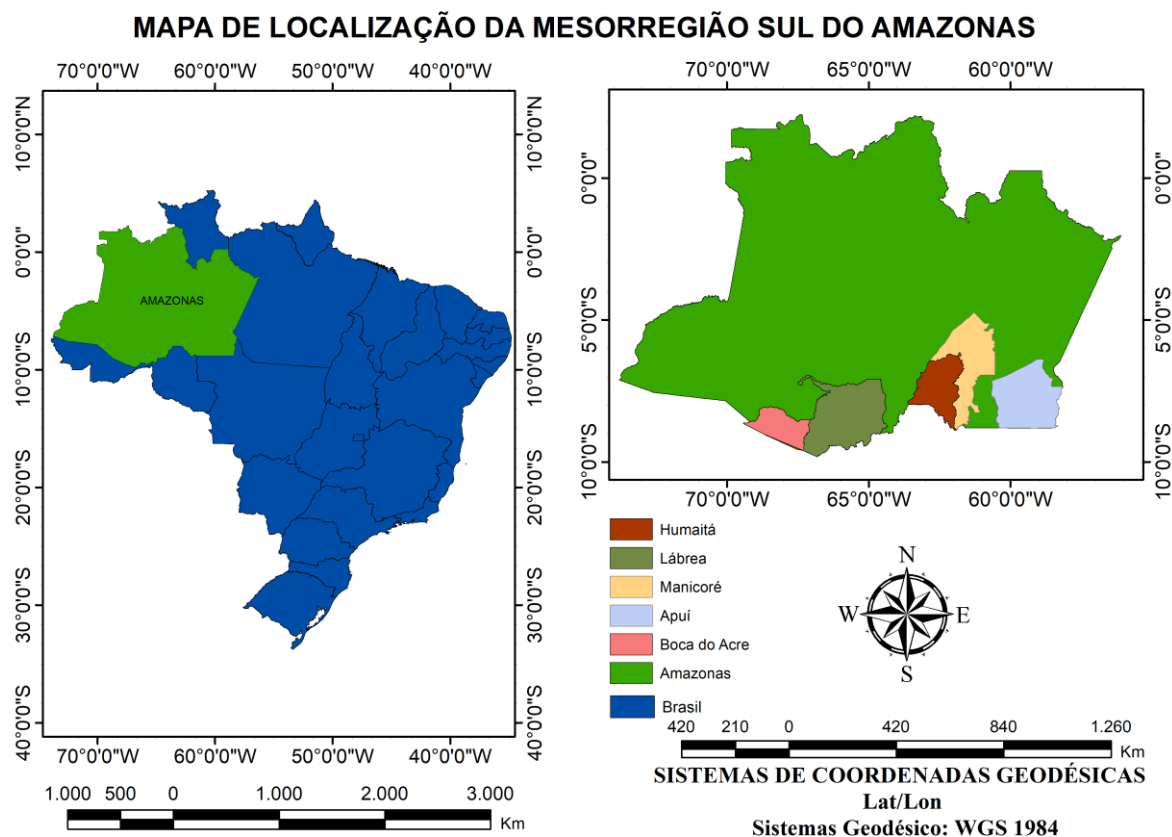


Figura 1. Localização dos municípios de Apuí, Boca do Acre, Humaitá, Lábrea e Manicoré, na mesorregião sul do estado do Amazonas, Brasil.

Dados

Os dados de Temperatura do ar (Tar) foram coletados a cada minuto entre abril de 2008 e abril de 2018 (10 anos) por estações Meteorológicas Automáticas (EMAS) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalado em cada um dos municípios e posteriormente integralizadas para o período de uma hora (Tabela 1). Manicoré teve apenas oito anos de dados (2010 – 2018). A temperatura do ar (Tar) é a variável meteorológica indispensável ao cálculo da Evapotranspiração potencial (ETp), pois através da mesma é possível calcular o índice anual de calor, necessária dentro do método de Thornthwaite (1948).

Tabela 1. Informações das estações meteorológicas automáticas do INMET.

Estações	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Código (OMM)	Período dos dados
Humaitá	-7° 55' 25"	-63° 07' 13"	54	81890	2008-2018
Apuí	-7°20' 54"	-59° 88" 85"	157	81893	2008-2018
Manicoré	-5° 78' 85"	-61° 28' 82"	41	81810	2010-2018
Boca do Acre	-8° 77' 68"	-67° 33' 25"	112	81927	2008-2018
Lábrea	-7° 26' 06"	-64° 78' 85"	62	81888	2008-2018

Processamento dos dados

Após os dados médios de Ppt e Tar, calculou-se a evapotranspiração Potencial (ETp) pelo método de Thornthwaite (1948) (Equação 1).

$$ET_o = 16. \left(10. \frac{T}{I} \right)^a \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo **T**, a temperatura média do mês em °C e **I** é um índice que expressa o nível de calor da região estudada. Este índice depende do ritmo anual da temperatura, integrando o efeito térmico de cada mês (Equação 2).

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que **t** é a temperatura média mensal.

O expoente “**a**”, sendo uma função de **I**, também é um índice térmico regional (Equação 3).

$$a = 0,675 * 10^{-6} . I^3 - 0,771 * 10^{-4} * I^2 + 1,792 * 10^{-2} * I + 0,49239 \quad \text{Eq. (3)}$$

O valor de ETP representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de fotoperíodo (N). Portanto, a ETp deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP) (Equação 4).

$$COR = \left(\frac{N}{12} \right) . \left(\frac{NDP}{31} \right) \quad \text{Eq. (4)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Temperatura do ar (Tar) em Humaitá, teve valor máximo de 27° C no 4° quartil e 25,6°C no 1° quartil. A maior concentração de valores se encontram entre a mediana e o 4° quartil. Já Boca do Acre apresenta comportamento uniforme durante o período de estudo, concentrando de forma central a mediana e tem a distribuição de seus valores bem distribuídas entre seus quartis. Manicoré apresenta o máximo de 27,3°C e mínimo 25,7°C, ao passo que Apuí tem a melhor distribuição de valores com máximos de 26,6°C e mínimos de 25,4°C (Figura 2-A).

A Precipitação (Ppt), em todas as cidades obteve comportamento regular (Figura 2-B). Os valores encontrados em apuí demonstram uma distribuição simétrica nos valores de Ppt com leve aumento da mediana em direção ao 3° Quartil, os máximos foram de 400mm ao passo que os mínimos estiveram próximos a 40mm. Já em boca do Acre os máximos foram superiores a 300mm. Lábrea, Humaitá e Manicoré tiveram comportamento parecidos com valores mínimos próximos de 50mm e máximos entre 250mm a 380mm.

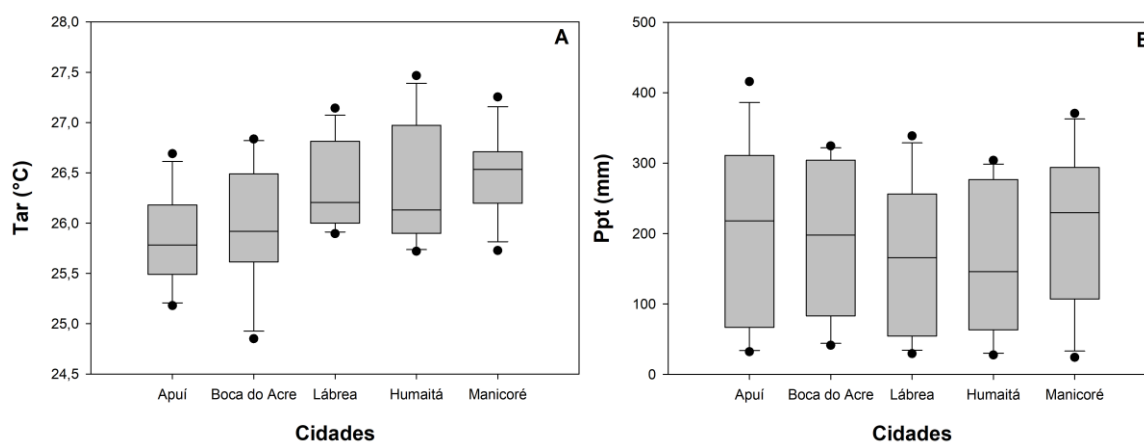


Figura 2. Box Plot da Temperatura do ar (Tar) (A) e Precipitação (Ppt) (B) para os anos de 2008 a 2018, contemplando os municípios de Humaitá, Manicoré, Lábrea, Boca do Acre e Apuí localizados na mesorregião Sul do Amazonas.

As médias máximas de Tar foram registradas em setembro, com valores encontrados em Humaitá (27,5 °C), Lábrea e Manicoré (27 °C) e Boca do Acre (26,5 °C), já Apuí obteve em agosto seu maior valor (26,4 °C) (Figura 3).

Já os menores valores incidiram em Boca do Acre (24,8 °C), Humaitá e Lábrea (25,5 °C) e Manicoré (26,6 °C), ambos no mês de julho, estação de inverno austral.

A ocorrência da maior Tar nesse período acontece pela maior disponibilidade de radiação solar que chega a superfície, pois teve início o equinócio de primavera austral, logo terá a menor declinação solar para as latitudes locais, e conseqüentemente menor caminho ótico para entrada da radiação solar (LOPES et al., 2016).

A Tar em toda mesorregião não apresentou grande variação anual (4°) em seus períodos de maiores e menores valores médios. No entanto, essa variação é mais pronunciada na Amazônia meridional (Rondônia, sul do Amazonas e Acre), em razão da penetração de frentes frias extratropicais que recebem o nome de friagens, e chegam pelo sul do Brasil e são comuns na região durante a estação de inverno fazendo com que a amplitude anual chegue a 4 °C valores superiores aos encontrados mais próximos do paralelo do Equador (CARVALHO et al., 2016)(Figura 3).

A precipitação (Ppt) teve três períodos distintos; O período chuvoso que compreende os meses de outubro a abril, o de transição maio e setembro e o período seco junho a agosto.

O período chuvoso é responsável por quase 90% de toda precipitação que ocorre no ano, de transição 6% e período seco 4%. O mês mais chuvoso para todas as cidades é março com valores entre todas as cidades acima de 300 mm, e o mais seco julho com valores médios abaixo de 50 mm para cada cidade.

O período chuvoso regional compreende as estações de verão e outono ocasionada principalmente pela atuação dos sistemas de Monção da América do Sul, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que se estende da Amazônia até o sudeste do País e causam grandes volumes de Ppt, além da Alta da Bolívia (AB) (DANTAS, 2000; REBOITA et al., 2010). Alta da Bolívia (AB) é caracterizada como um anticiclone em altos níveis da troposfera (200 hPa). É resultante da convergência do ar mais aquecido e umidade em baixos níveis (850 hPa) e da divergência do ar que se resfria em altos níveis da atmosfera e varia de forma intra-sazonal e interanual (CHECHI et al., 2012)

O período seco ocorre na estação de inverno. Nesse período são registradas altas temperaturas e baixa umidade. Durante o período seco destaca-se a circulação da baixa troposfera que se move para o norte do cavado equatorial, proporcionando um deslocamento do ramo descendente da célula de Hadley sobre a Amazônia que inibe a formação de nuvens e, conseqüentemente, de chuvas nessa região (PEREIRA et al., 2002; SOUZA et al., 2013; REBOITA et al., 2010; SANTOS NETO et al., 2014; PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

O período de transição seco-chuvoso ocorre entre as estações de inverno e primavera (setembro) e ocorre devido ao início das atividades convectivas proporcionadas pelas altas temperaturas e incremento de umidade que proporciona a formação de Ppt (MONTEIRO et al., 2016). Durante a primavera ocorre a chegada até a mesorregião sul do Amazonas dos sistemas frontais, início da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCAS) e dos sistemas de Monção da América do Sul (SMAS), que é responsável por grandes convecções, iniciando de fato o período chuvoso (GALVÃO et al., 2000; LOPES et al., 2016).

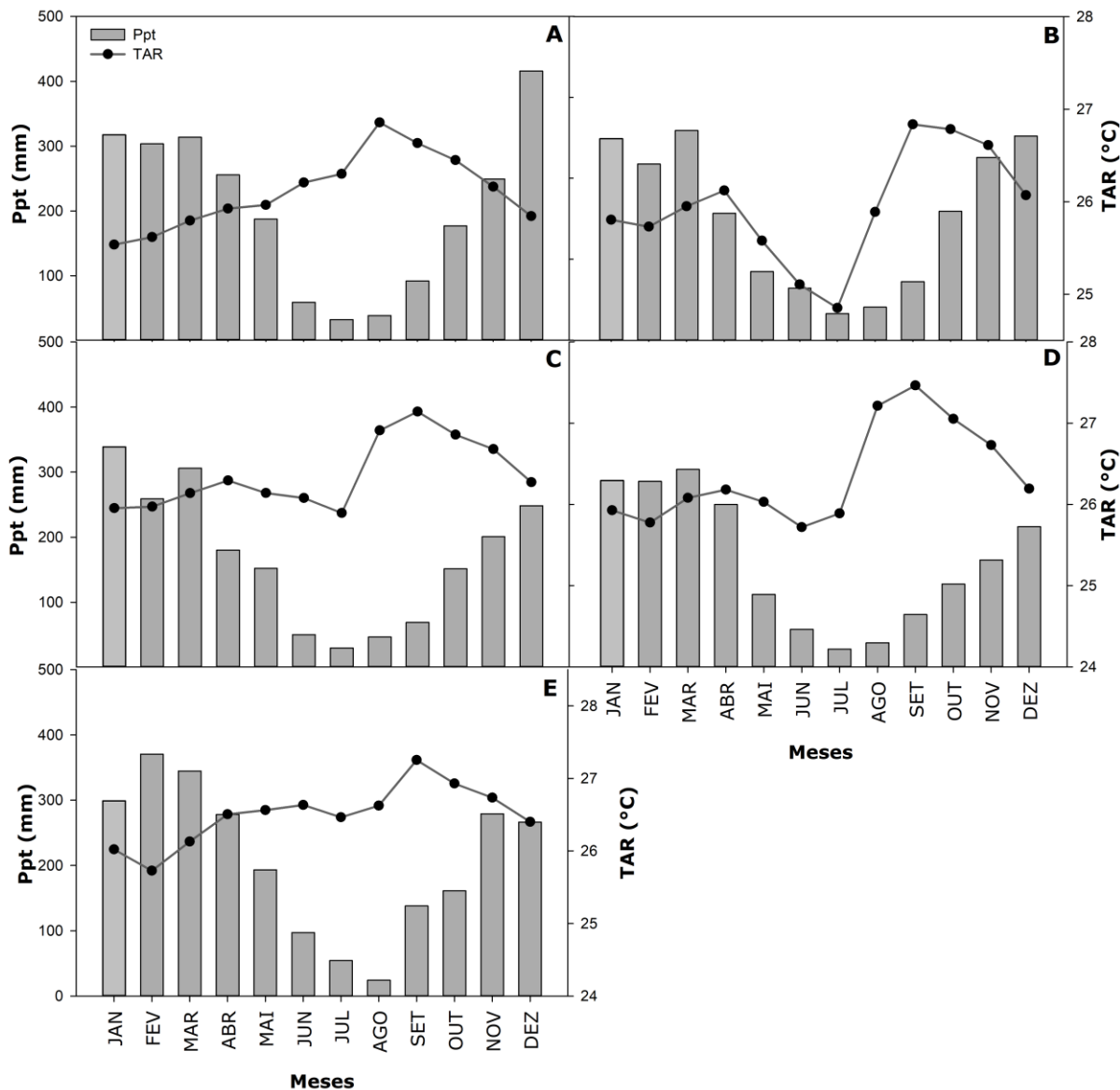


Figura 3. Médias mensais da precipitação (Ppt), e Temperatura do ar (Tar) dos anos de 2008 a 2018 das cidades que compõem a mesorregião sul do Amazonas. A- Apuí, B- Boca do Acre C-Lábrea D- Humaitá E- Manicoré.

Os dados anuais de ETp apresentaram similaridade entre os municípios, nota-se que os maiores valores foram encontrados no município de Manicoré (1604,85 mm), acompanhado de Humaitá (1602,45 mm), Lábrea (1601,54 mm), Boca do Acre (1525,59 mm), e Apuí (1039,53 mm). Estas somatórias foram distribuídas com valores máximos de 62% no período chuvoso (outubro a abril) de transição 18% (maio e setembro), e período seco correspondendo a 20% da ETp anual (Figura 4).

Ao observar os maiores valores nota-se que ocorreram nas estações de primavera – verão e os menores final de outono e Inverno. Muitos fatores influenciam o comportamento da ETp, um deles igualmente a Tar é a radiação solar, principal fonte de energia para o processo de ETp. O percentual de Radiação global (Rg) que chega a latitudes do estudo, é modificado em razão da declinação solar, através do movimento aparente do sol, propiciando as estações do ano e modificando a quantidade de radiação solar que chega na terra (CAMARGO & CAMARGO, 2000). Carvalho et al. (2011) Souza et al. (2011) afirmam que mesmo com valores diferentes, mais o comportamento nas cidades estudadas serão o mesmo com valores maiores e menores na mesma época do ano, isso se dá, em virtude do comportamento sazonal da radiação global ao longo do ano, com maiores valores no verão e menores no inverno. De modo geral, se não há restrição hídrica, a ETp é proporcional à disponibilidade de energia solar e do saldo de radiação

Outra condicionante para ETp, é a disponibilidade de água no solo, pois no inverno ocorre o período seco para a região, e conseqüentemente menor disponibilidade hídrica, contribuindo para a diminuição da ETp (FRANCISCO et al., 2015).

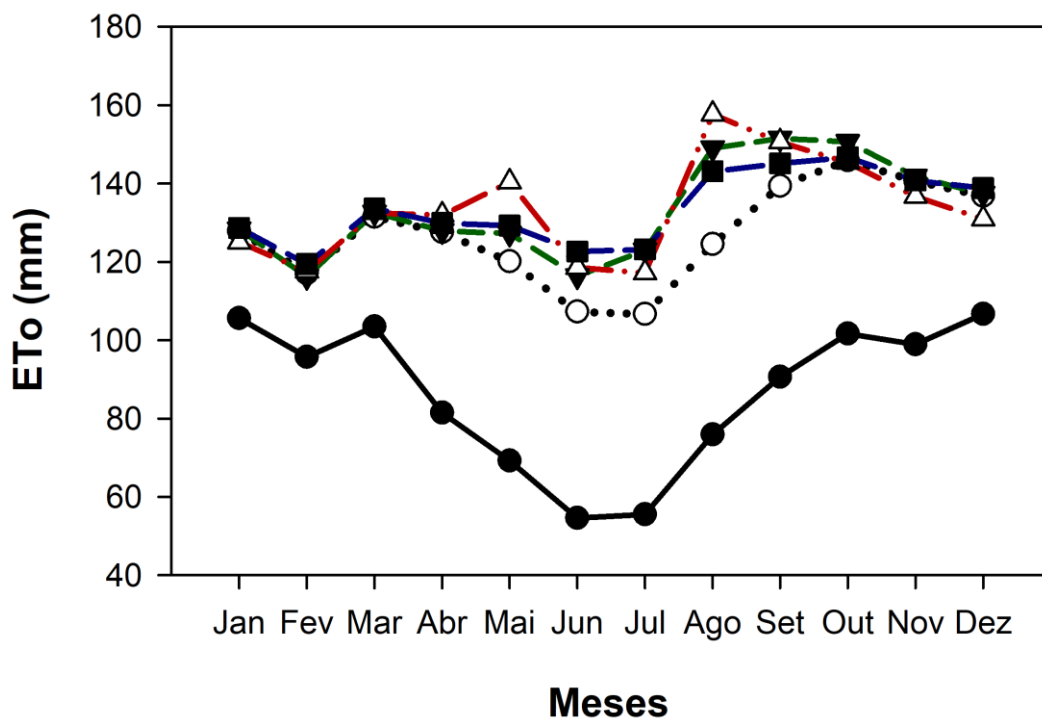


Figura 4. Gráfico da Evapotranspiração de referência (ETo) para as cidades de Apuí, Boca do Acre, Humaitá, Manicoré e Lábrea que compõem a mesorregião Sul do Amazonas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Evidencia-se que a Evapotranspiração Potencial (ETp) anual, teve comportamento parecido em Humaitá, Lábrea, Boca do Acre e Manicoré, já em Apuí ficou abaixo dos valores encontrados nas outras cidades.

A ETp foi menor no período seco, estação de inverno e maior no período chuvoso, estação de verão.

Ressalta-se que, Manicoré e Lábrea obtiveram os maiores valores de ETp mensais em relação as outras cidades. E que Apuí em todos os meses teve os menores valores entre todas as cidades estudadas.

Por fim, destaca-se que, estudos futuros são importantes utilizando um período maior e contínuo de dados de Temperatura, para assim, propiciar um melhor conhecimento da interação da temperatura com a ETp.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A CAPES pelo apoio concedido ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor através do Edital: RESOLUÇÃO N. 002/2016 - POSGRAD 2017 - UFAM. Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade dos dados. A XXI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (CBAGRO) pela oportunidade de publicação.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; SILVA, A.A.G. Métodos de estimativa da evapotranspiração de Referência diária para Paraíba e Teresina, Piauí, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p.63-68,2003.

- CARVALHO, L.G; RIOS, G.F.A; MIRANDA, W.L; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de Referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Online)**, v. 41, p. 456-465, 2011.
- CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 123-146, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380>
- CARVALHO, D.F. de; SILVA, D.G. da; SOUZA, A.P. de; GOMES, D.P.; ROCHA, H.S. da. Coeficientes da equação de Angström-Prezcott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.838-844, 2011. DOI: 10.1590/S1415-43662011000800011.
- CAMARGO, A.P; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p.125-137, 2000.
- CHECHI, L.; BAYER, F. M. Modelos univariados de séries temporais para previsão das temperaturas médias mensais de Erechim, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1321-1329, 2012.
- DANTAS, R.T; NÓBREGA, R. S.; CORREIA, A. M; RAO, T. V. R. Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar em Campina Grande - PB. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia; Rio de Janeiro, 11. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. SBMET, 2000. p.534-537.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Köppen's and Thornthwaite Climate Classification for Paraíba State. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 1006-1016, 2015.
- GALVÃO, J. A. C.; FISCH, G. Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia (JI – Paraná, RO). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.2, p. 25-37, 2000.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazonas. 2018.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p. 2009.
- LOPES, J. S. G.; ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Análise preliminar na temperatura e umidade relativa do ar em duas estações meteorológicas da cidade de Tefé-AM. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia. UFG, 2016. v. 1. p. 1097-1108.
- MARTINS, P. A. S; QUERINO, C. A. S ; PAVÃO, V.M ; QUERINO, J. K. A. S. . Verificação da turbidez atmosférica em Humaitá-am. **Revista EDUCAmazônia - Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 12, p. 86-98, 2014.
- MACHADO, N. G; QUERINO, C. A. S; BIUDES, M. S; DANELICHEN, V. H. DE M; MARQUES, H. O; PAVÃO, V. M. Estimated net radiation in an Amazon-Cerrado transition forest by Landsat 5 TM. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 11, 2017.
- MONTEIRO, J. C. R.; HEYER, L. F.; ARIDE, P. H. R.; OLIVEIRA, A. T.; PANTOJA-LIMA, J.; SANTOS, S. M. Descrição da Temperatura e Umidade Relativa do Ar em distintas localidades da cidade de Manaus com diferentes geometrizações e espacialidades urbanas nos bairros do Parque Dez, Nova Cidade e bairro Centro - Manaus/Am. **IGAPÓ - Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 10, n. 1, 2016.

PAVÃO, V. M.; NASSARDEN, D. C. S.; PAVÃO, L. L.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.. Impacto da Conversão da Cobertura Natural em Pastagem e Área Urbana sobre Variáveis Biofísicas no Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 343-351, 2017.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K.A.S.QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 463-475, 2018.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

REBOITA, M.S; GAN, M.A.; DA ROCHA, R.P. E AMBRIZZI, T. Regimes De Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

ROCHA, E. J. P. **Balanco de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia**. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.

SANTOS NETO, L. A.; MANIESI, V.; SILVA, M. J. G.; QUERINO, C. A. S.; LUCAS, E. W. M.; BRAGA, A. P.; ATAÍDE, K. R. P. Distribuição horária da precipitação em Porto Velho-RO no período de 1998 – 2013. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, 2014.

SILVA DIAS, M. A. F.; COHEN, J. C. P. E.; GANDU, A. W. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. **Acta amazônica**, v.35, n.2, p. 215–222, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200011>.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; Almeida, F. T.; PAULINO, J. Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa - Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 1, p. 34-43, 2013.

SOUZA, A.P. de; CARVALHO, D.F. de; SILVA,L.B. da; ALMEIDA, F.T. de; ROCHA, H.S. da. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.219-228, 2011. DOI: [10.1590/S0100-204X2011000300001](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000300001).

"MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E QUANTIDADE DA ÁGUA DE CHUVA, ATRAVÉS DO PLUVIÔMETRO ALTERNATIVO."

tricia santos tricia palheta^{1,2,3,4,5}; HALISON FELIPE PIMENTA ALMEIDA; andreza lima mello; THAYNÁ perreira FERNANDES; MAYARA SANTOS PERREIRA
Autor para correspondência: tricia_palheta@yahoo.com.br

¹Estacio/ Iesam; ²Estacio/ Iesam; ³Estacio/ Iesam; ⁴Estacio/ Iesam; ⁵Estacio/ Iesam

RESUMO

O presente artigo buscou estudar a medição da precipitação e quantidade da água de chuva, através do pluviômetro alternativo em diferentes coberturas de solos, onde a prospecção de dados foi coletada no período de 24 horas no período de abril e maio em dois pontos, em regiões diferentes, um dos pontos se encontra localizado no município de Belém-PA e outro no município de Marituba-PA. Os dados foram obtidos através do pluviômetro alternativo, feito de maneira sustentável, através do reaproveitamento de um resíduo sólido (Polímero). Concluindo assim os parâmetros do nível de precipitação de cada região tem a sua interferência através da urbanização.

PALAVRAS-CHAVE: Pluviômetro alternativo; Precipitação; urbanização

"MEASUREMENT OF RAINFALL RATE AND QUANTITY, ACROSS THE ALTERNATIVE PLUMBING.

ABSTRACT

The objective of this study was to measure rainfall and rainfall through an alternative rain gauge in a different soil cover, where data collection was collected in the period of 24 hours in the period of April and May in two points, in regions different, one of the points is located in the municipality of Belém-PA and another in the municipality of Marituba-PA. The data were obtained through the alternative pluviometer, made in a sustainable manner, through the reuse of a solid residue (Polymer). In conclusion, the parameters of the precipitation level of each region have their interference through urbanization.

KEY-WORDS: Alternative rain gauge; Precipitation; urbanization

INTRODUÇÃO

Toda água proveniente do meio atmosférico, em qualquer estado físico, que atinge a superfície terrestre é definida como precipitação, sendo a chuva o tipo de precipitação mais importante para o estudo hidrológico. E a precipitação pode então ser interceptada por diversos tipos de barreiras, pela folhagem da vegetação, ser retida pelas irregularidades da superfície, infiltrada no solo ou pode escoar diretamente pela superfície, sendo a cobertura florestal a barreira de maior importância. (SCHIEBELBEIN, 2018).

A precipitação é definida, em hidrologia, como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície da terra, não importando o estado físico em que ela se encontra. Assim sendo, a precipitação atmosférica pode ocorrer sob diversas formas: gasosa, chuva, neve, granizo, saraiva, geada ou orvalho (BERTONI & TUCCI, 1993).

A chuva é o principal elemento da maioria dos projetos hidrológicos. Os problemas de engenharia relacionados com a hidrologia são em sua grande maioria consequência de chuvas de grande intensidade ou volume e da ausência de chuva em longos períodos de estiagem. Chuvas de grande intensidade em áreas urbanas causam o alagamento das ruas, porque o sistema de drenagem não é projetado para chuvas muito intensas. Precipitações de grande intensidade podem, ainda, causar danos à agricultura e a estrutura de barragens (SANTOS 2017).

A precipitação anual, ou chuva total, sobre a Bacia Amazônica equivale a 695.958 m³/s. A vazão média anual que a Bacia Amazônica lança no Oceano Atlântico é de 251.000 m³/s. Assim, apenas 36,07% da água que cai sob a forma de chuva em toda a bacia escoar pelo solo através dos córregos e rios e chega ao Oceano Atlântico (LIMA, 2006). A fim de realizar medições de chuvas, utiliza-se o pluviômetro como instrumento de medição da altura precipitada, na qual cada milímetro de chuva coletado corresponde a um litro de água por metro quadrado (BORGES et al., 2012).

Dessa forma, o uso de pluviômetros alternativos de plástico (comerciais) ou construídos a partir de material reciclável para medir a precipitação pluviométrica em um determinado local é muito comum, devido ao custo de aquisição de um pluviômetro padrão (SOUZA et al., 2013), tornando-se importante para compreensão dessa variável climática, podendo contribuir para o entendimento do seu comportamento tanto no espaço quanto no tempo em uma região. (SILVA, 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Para prospecção de dados de maneira sustentável utilizou-se pluviômetro alternativo feito de garrafa pet, que é a reutilização de um resíduo sólido, onde o mesmo foi reaproveitado para o objetivo de pesquisa e obtenção de parâmetros quantitativos e a interferência da urbanização sobre a medição da precipitação da água da chuva em duas regiões no estado do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

Para realização desse trabalho selecionou-se dois pontos em diferentes coberturas de solos, os pontos estão localizados no município de Belém-PA e Marituba-PA. Onde um dos pontos se encontra localizado no bairro da Pedreira e o outro está localizado no residencial Beija Flor – Nova Marituba. A qual ambos foram utilizados pluviômetros alternativos que foram confeccionados por garrafas pets, e as suas medições foram de 24hrs em 24hrs durante 40 dias. Levando em consideração o quantitativo da água da chuva em bairros com características distintas, através da influência da urbanização como: ruas asfaltadas, arborização, escoamento superficial entre outros itens que influenciam o ciclo hidrológico, tendo um quantitativo maior ou menor da precipitação.

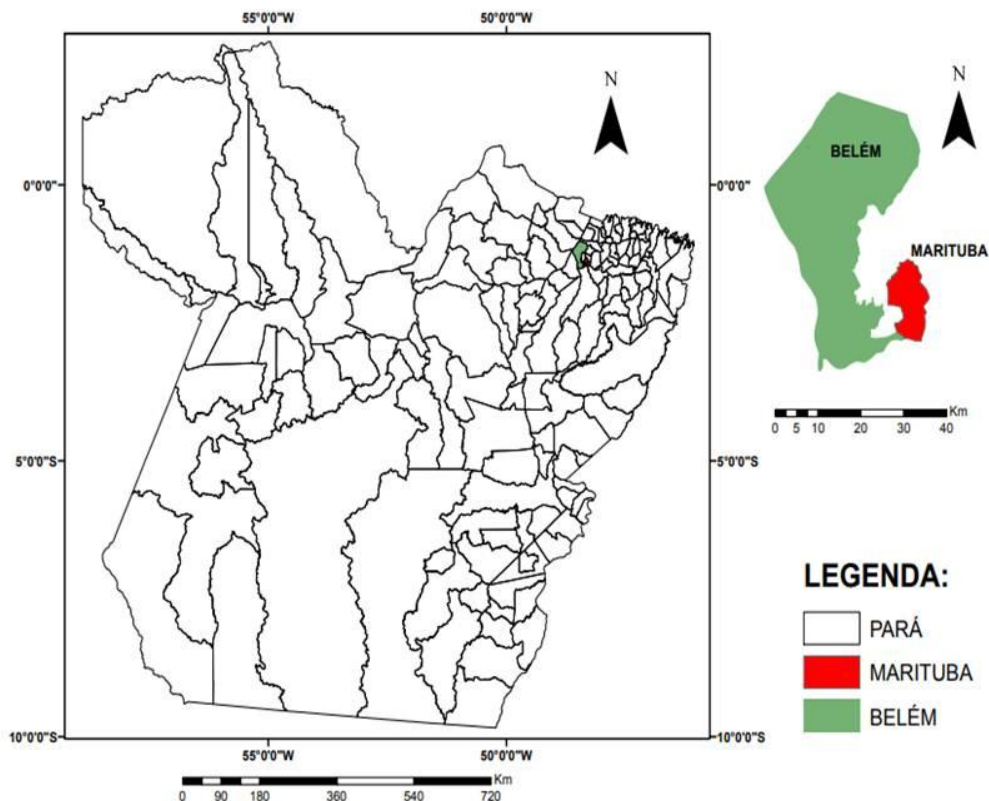


Figura 01: Mapa da Localização.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O município de Belém do Pará pertence à microrregião homônima e a Mesorregião Metropolitana de Belém. A sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 1°27'20.81" de latitude Sul e 48°29'24.71" de longitude Oeste de Greenwich (IBGE, 2017).

O município de Marituba do Pará pertence a mesorregião metropolitana de Belém, integrado a microrregião de Belém, localizada as margens da Rodovia BR-316 a altura do km 13, distante 11 km da capital. A sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 1°21'37.36" de latitude Sul e 48°20'32.95" de longitude a Oeste de Greenwich.

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.

O município de Belém compõe-se de floresta secundária ou capoeiras que substituíram a antiga floresta densa dos baixos platôs, onde o mesmo apresenta uma topografia um pouco variável e baixa. Na área urbana da cidade de Belém, grandes áreas estão abaixo da cota de 4 metros, sofrendo influência das marés altas e tendo dificuldade no escoamento nas águas da chuva, entretanto, o município de Marituba apresenta uma vegetação que é caracterizada pela floresta secundária, em vários estágios, proveniente do desmatamento executado na área, para o cultivo de espécies alimentícias de ciclo curto (milho, Mandioca, etc.) (SEGEP, 2011).

PANORAMA DO CLIMA DE BELÉM E MARITUBA.

Belém tem um clima tropical. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano em Belém. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. A classificação do clima é Af segundo a Köppen e Geiger. 26.8 °C é a temperatura média. Pluviosidade média anual de 2537 mm, no entanto Marituba tem um clima tropical. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano em Marituba. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem pluviosidade. O clima é classificado como Af de acordo com a Köppen e Geiger, 26.8°C é a temperatura média. 2339 mm é a pluviosidade média anual (IBGE, 2017).

DESCRIÇÃO DA PESQUISA E MÉTODOS.

A medição da quantidade de chuva de um determinado local é dada através do índice pluviométrico, que consiste numa medição em milímetros, por exemplo, quando se fala que choveu 10 milímetros na cidade, significa que essa seria a altura média alcançada pela água a partir do chão, na área total da cidade em determinado período de tempo. Esse índice é obtido através de estações meteorológicas espalhadas em diferentes pontos munidas de um aparelho chamado pluviômetro alternativo.

Na busca por metodologias diferentes mais atrativas e dinâmicas, foi realizada a construção de um pluviômetro artesanal feito a partir do reaproveitamento de resíduos sólidos (polímeros), garrafa pet para o monitoramento do índice pluviométrico nos municípios de Belém/PA e Marituba/PA. Nessa atividade serão trabalhadas noções de conhecimento do tempo, clima e estatística.

MATERIAIS NECESSARIOS PARA CONSTRUÇÃO DE UM PLUVIOMETRO:

- 2 Garrafa pet lisa.
- Fita adesiva.
- Régua de plástico.
- Caneta permanente.
- Uma ripa para oferecer suporte de sustentação para o pluviômetro.

CONSTRUÇÃO DE UM PLUVIOMETRO ARTESANAL:

Para construção do pluviômetro artesanal utilizou duas garrafas pet, a qual uma foi cortada para ser o pluviômetro e a outra para ser o calibrador.

O calibrador foi utilizado para se fazer à medida do pluviômetro, onde foi feito uma base com a mistura de areia com cimento e um pouco de água. Formando uma massa sem deixar ficar muito tempo aguado, Colocou se no fundo da garrafa até ficar levemente acima da linha entre a parte lisa e a curvatura da base, utilizou se o calibrador para calibrar o funil do pluviômetro e após todos os procedimentos realizados de forma adequada, foi feita a instalação do pluviômetro em uma área livre. Para maior eficiência do pluviômetro, é ideal estala o mesmo em um campo aberto e pelo menos a 1,5 metros de altura, o funil do pluviômetro será a área de coletada e também vai ter como função evitar evaporação considerável, a parte graduada do pluviômetro será usada para o armazenamento e leitura da precipitação, é importante ressaltar que a coleta de dados será feita no período de 24 horas, após o período de coleta de água é necessário tirar a tampa e deixa no nível zero.



Figura 02: pluviômetro alternativo artesanal.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

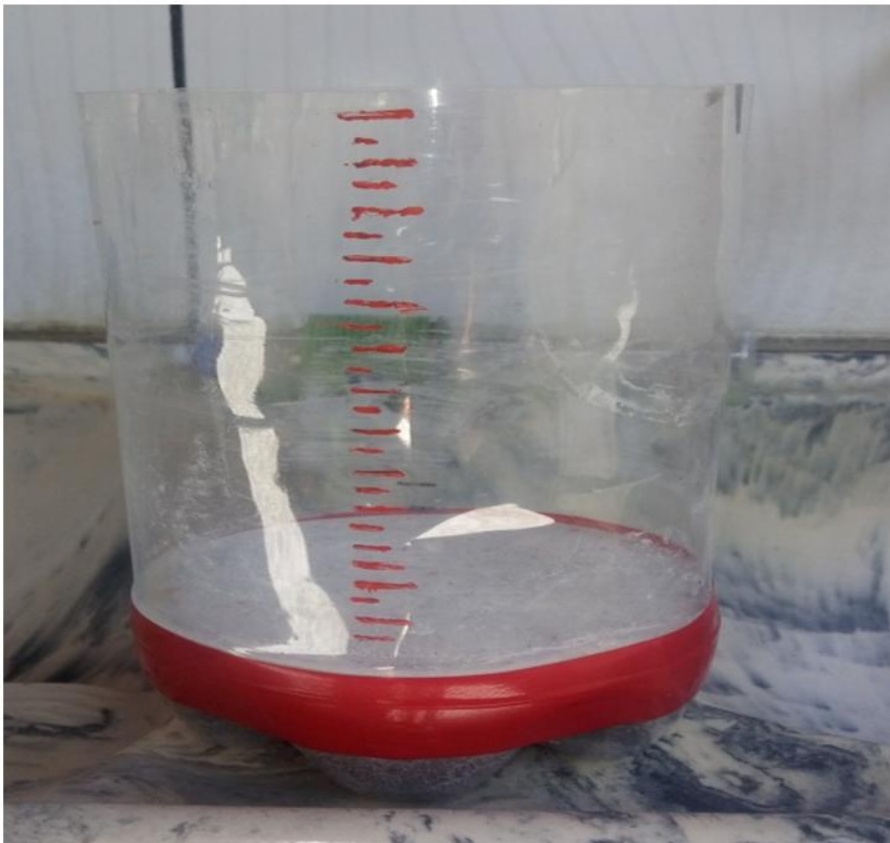


Figura 03: Calibrador.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tendo em vista a fabricação do pluviômetro alternativo a medição da precipitação da chuva teve início a partir do dia 03 de abril de 2017 até o dia 21 de maio de 2017, no horário de 07: 00 manhã se estendendo em um período de 24 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo de um posto de medição de chuvas é obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos ou o estudo da variação das intensidades de chuvas ao longo das tormentas (TUCCI, 2009, P.182).

O presente artigo referente ao tema de “Medição da precipitação e quantidade da água da chuva, através do pluviômetro alternativo” espera obter ações efetivas e padronizadas relacionadas ao acompanhamento das precipitações pluviométricas, anotando os dados obtidos e posteriormente realizar análises estatística e verificar a média da quantidade de precipitação mensal em cada região onde foi instalado o pluviômetro artesanal.

Análise dos dados de precipitação, através dos gráficos 04 e 05 de registro de precipitação foi possível determinar os níveis de precipitação em cada região, partindo dos parâmetros de precipitação mínima, Média e máxima, os dados tiveram uma fundamental importância para determinar o desvio padrão e coeficiente de variação com relação a precipitação média mensal dos municípios de Belém-Pa e Marituba-Pa.

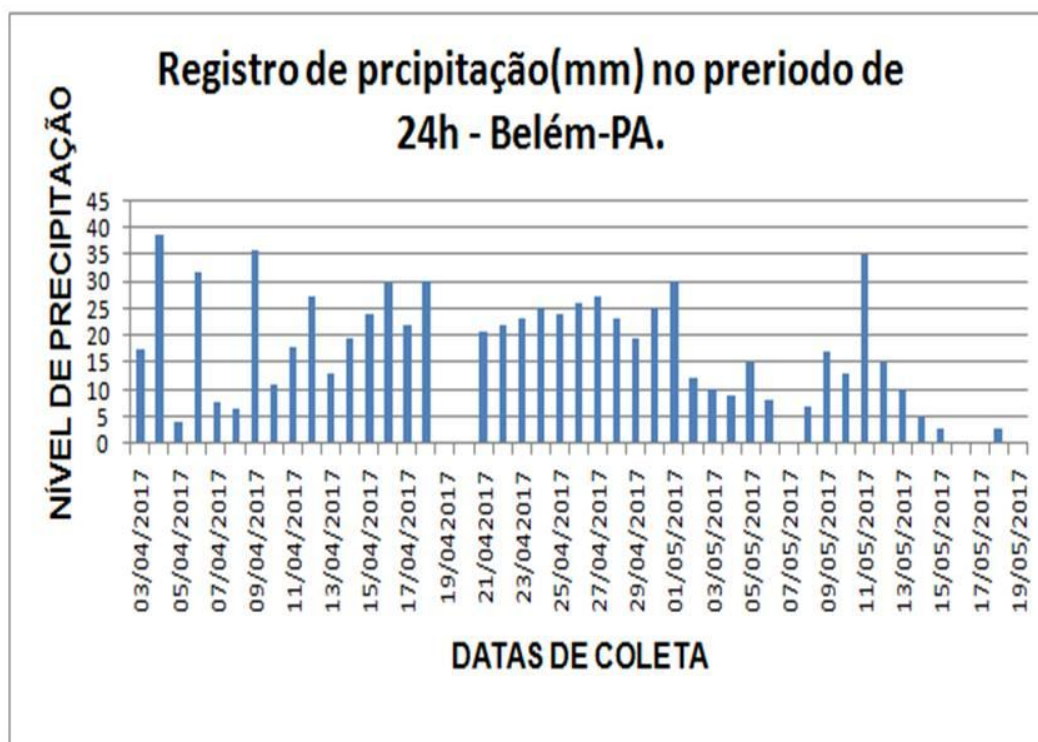


Figura 04: Registro de precipitação (mm) no período de 24h-Belém-Pa.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

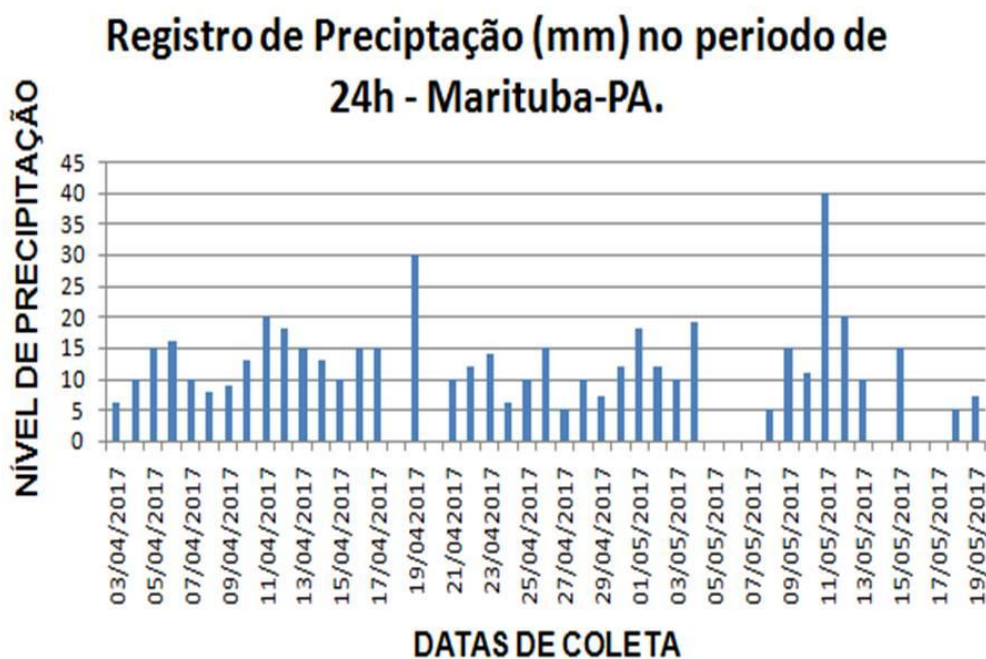


Figura 05: Registro de precipitação (mm) no período de 24h-Marituba-Pa

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Análises descritivas

As análises de estatística descritiva feita a partir dos parâmetros de precipitação mínima, média, máxima, desvio padrão e coeficiente de variação, pode se avaliar que nos municípios de Belém-Pa e Marituba-Pa no período de 03/04/2017 até 19/05/2017 teve uma variação muito baixa no volume de precipitação média mensal no período de 24h, como representa a figura 08 através do calculo do coeficiente de variação (CV), que é determinado pela divisão do desvio padrão, que é dividido pela média, entretanto o calculo do desvio padrão nós mostrar que quanto maior é o desvio padrão, maior é dispersão dos dados em torno da média.

Quanto menor é o desvio padrão, mais homogêneos são os dados estudados em uma distribuição. Deste modo, podemos observar na figura 08 que os dados de desvio padrão na região de Marituba-Pa é menor, que a região de Belém-PA, desta maneira pode se estabelecer que os dados obtidos em Marituba-Pa são mais horizontais e homogêneas, onde o mesmo tira menos dados discrepantes da média, pelo contrario da região de Belém-PA.

REGIÃO					
BELÉM-PA	Minima(mm)	Média(mm)	Maxima(mm)	Desvio Padrão	CV
	0,0	16,2	38,8	4,02	0,25
MARITUBA-PA	Minima(mm)	Média(mm)	Maxima(mm)	Desvio Padrão	CV
	0,0	10,9	40	3,30	0,30

Figura 06: Distribuição de parâmetros.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Analise de regressão.

Na figura 07 através de uma análise de regressão vamos ver se é possível estimar a precipitação de uma Região pela precipitação media mensal de outra região.

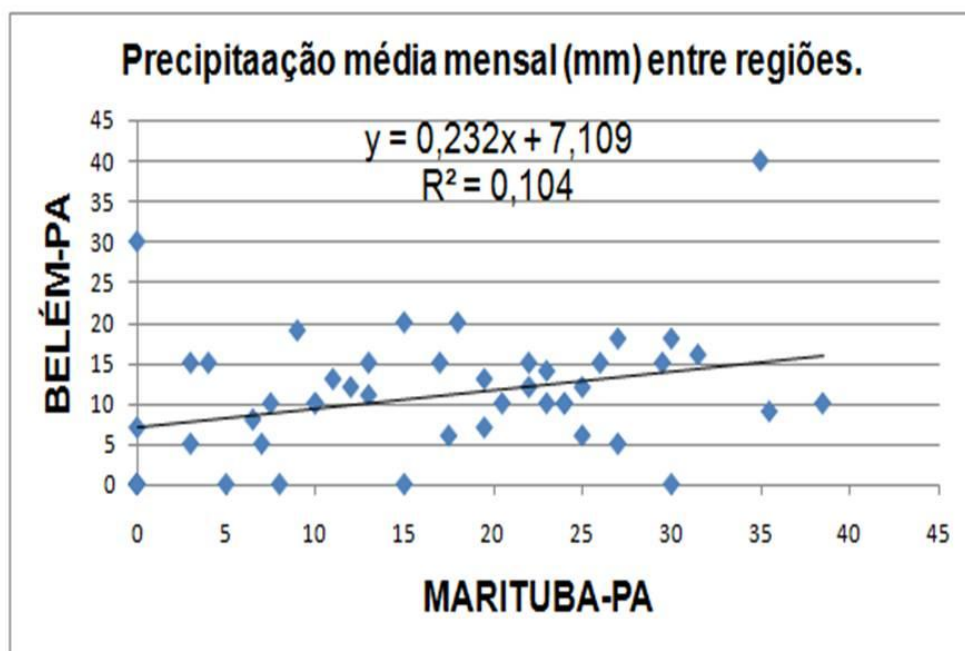


Figura 07: Precipitação média.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Com base nos parâmetros dessa curta serie de dados obtidos foi possível observar através de uma reta de regressão que não é possível estimar precipitação média mensal da região de Belém-Pa com bases nós dados da região de Marituba-Pa, devido o calculo de coeficiente de determinação ser igual a 0, 104, que é representado pelo R^2 na figura 09, onde o mesmo não pode estabelecer um ajuste. Tendo em vista que quanto mais próximo o coeficiente de determinação estiver do valor 1(um), mais próximo os pontos vão se encontrar da reta, entretanto, o segundo a análise de regressão é possível observar que o coeficiente de determinação indica que as relações das duas variáveis é fraca conforme os pontos vão se afastando da reta, o coeficiente de regressão vai caindo quando não a relação, a reta de regressão é horizontal e o coeficiente de determinação fica próximo de zero. Alguns parâmetros devem ser levados em considerações também, pois devido as regiões não esta submetidas ao mesmo volume de chuva, olhando pelo ponto de vista macro as regiões não estão submetidas as mesmas forças climáticas e pode se levar em consideração também as proximidades geográficas pois esses fatores influencia de maneira direta em uma análise de regressão.

Tendo em vista as influencia das baias ou rios, vegetação, urbanização em Belém. Havendo interferência no ciclo hidrológico por causa da evaporação que aumenta conforme a alta temperatura, diminuindo a infiltração, obtendo uma alta pressão impulsionando a massa de ar quente para outro lugar. Apesar de Marituba-Pa ter, mas vegetação precipitou menos porque tem pouca interferência no ciclo hidrológico, tendo, mas infiltração, dando assim um retorno para a atmosfera no processo, mas lento do que em Belém-Pa.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conforme os dados obtidos através do pluviômetro artesanal foi possível compreender os níveis dos parâmetros de precipitação da água de chuva de cada região. Aonde foi observado que na região mais urbanizada teve maior volume precipitação do que na outra região que tem mais vegetação e maior infiltração, concluindo assim que a alta pressão tem uma grande influencia na temperatura formando massa de ar, tendo por fim uma quantidade maior de precipitação.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE), 2017. [Internet] Disponível em:

<<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/historico.php?codmun=150140&search=para%7Cbelem%7Cinphographics:-history&lang=>>

Acesso em: 15/05/2017

Hidrologia – Capitulo 4.Precipitação, 2006.[Internet] Disponível em:

< <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>>

Acesso em: 10/05/2017

OLIVEIRA, Arno Maschmann - PREECHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS DE REGIÕES SEMÍARIDAS, 2017. [Internet] Disponível em:

< <http://www.cbmet.com/cbm-files/10-b8df9f67270411120fa02b8961630f2f.pdf>>

Acesso em: 12/05/2017

TUCCI, Carlos Tucci – Hidrologia – guia completo de estudos./Ciência e Aplicação – Porto alegre: UFRGS/ABRH, 2009.p.182

SCHIEBELBEIN, Carlos Miguel- Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade, 2018.p.

SOUZA, J.L.M., SCHAFFER, R.F., JERSZURKI. D.: Precipitação Medida Com Pluviômetros Alternativos Na Região De Curitiba(PR), 2013.

SILVA. C.W.G., FIGUEIREDO. A.C., RODRIGUES. E. S.:Uso de instrumento de baixo custo na medição de precipitação pluviométrica no município de Salgueiro – PE, 2017.

CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM AMBIENTES COBERTOS COM TELA DE SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE ALFACE

Evandro Chaves de Oliveira¹; Karolyne da Silva Guriatto¹; Eduardo Buzatto¹; Valéria Pancieri Sallin¹; Ramon Amaro de Sales²

Autor para correspondência: echoliveira@yahoo.com.br

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina; ²Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de alface lisa em túnel baixo de cultivo, conduzida sob ambientes cobertos com diferentes telas de sombreamento nas condições edafoclimáticas de Colatina, ES. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, compostos por três repetições e quatro tratamentos, constituídos de diferentes malhas de sombreamento fotoseletivas a 35% de luminosidade (vermelho, preto e Aluminet®) e um tratamento a pleno sol (testemuha). Foram monitoradas as condições ambientais de temperatura do ar e luminosidade. Foram realizadas avaliações das seguintes variáveis: comprimento de caule, diâmetro de caule, fitomassa fresca, número de folhas comerciais, fitomassa seca e área foliar. A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A utilização de telas de sombreamentos fotoseletivas, como cobertura dos túneis baixos para o cultivo de alface do tipo lisa, proporcionou modificações no ambiente que favoreceram as características de interesse agrônomo quando comparadas aquelas cultivadas a céu aberto, principalmente no rendimento de matéria fresca e área foliar.

PALAVRAS-CHAVE: *Latuca sativa* L.; telas coloridas; variáveis meteorológicas

MICROCLIMATIC CONDITIONS IN ENVIRONMENTS COVERED WITH SHADING SCREEN IN ALFACE PRODUCTION

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the production of smooth lettuce in a low growing tunnel, conducted under environments covered with different shading screens under the edaphoclimatic conditions of Colatina, ES. The experimental design was a randomized block design, consisting of three replicates and four treatments, consisting of different photosensitive shading meshes at 35% luminosity (red, black and Aluminet®) and a full sun treatment (testemuha). The environmental conditions of air temperature and luminosity were monitored. The following variables were evaluated: stem length, stem diameter, fresh phytomass, number of commercial leaves, dry phytomass and leaf area. Analysis of variance and means were compared using the Tukey test at 5% probability. The use of photosensitive shading screens, such as low tunnel cover for smooth lettuce cultivation, provided modifications in the environment that favored the characteristics of agronomic interest when compared to those grown in the open, mainly in the yield of fresh matter and leaf area.

KEY-WORDS: *Latuca sativa* L.; colored fabrics; meteorological variables

INTRODUÇÃO

Atualmente, existem várias alternativas empregadas no cultivo de hortaliças. As principais são o cultivo a campo, cultivo no solo em ambiente protegido e cultivo hidropônico. Por sua vez, Dantas & Escobedo (1998), verificaram que o cultivo de alface em ambiente protegido, do tipo túnel, ofereceu melhores condições para o crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura quando comparado com o sistema de cultivo em campo aberto.

Com base nisso, uma nova tecnologia que está sendo estudada em cultivo protegido é a utilização de malhas de sombreamento com aditivos e pigmentação (coloridas). Nesse contexto, muitos autores como Seabra JR et al., (2010); Costa et al., (2011); Cantu et al., (2013) e Ricardo et al., (2014) vem desenvolvendo trabalhos nos últimos anos em cultivo de hortaliças, principalmente com uso de telas de sombreamento fotosselativas. Como relata Queiroga et al. (2001), as telas fotosselativas são capazes de proporcionar uma redução na intensidade de radiação solar incidente sobre as plantas, além de reduzir a temperatura do ambiente, o que contribui para o aumento do seu desempenho produtivo.

A região Noroeste do estado de Espírito Santo é reconhecida por apresentar um clima que desfavorece o cultivo da maioria das hortaliças, como a alface roxa. Neste caso, o uso de telas de sombreamento fotosselativas poderia ser uma opção para minimizar os efeitos das altas temperaturas e alta irradiação solar, típicas desta região, permitindo o cultivo de hortaliças com maior produtividade e qualidade.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a produção de alface lisa em túnel baixo de cultivo, conduzida sob ambientes cobertos com diferentes telas de sombreamento nas condições edafoclimáticas de Colatina, ES.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo no setor de Horticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, localizado no município de Colatina, região noroeste capixaba, com coordenadas geográficas de 19° 32' 22" de latitude sul; 40° 37' 50" de longitude oeste e altitude de 71 metros. A região é caracterizada pela irregularidade das chuvas e ocorrência de elevadas temperaturas e o clima classificado como Tropical Aw, segundo a classificação climática de Köppen (PEEL et al., 2007).

Na etapa inicial de condução do projeto, foram coletadas amostras de solo em pontos aleatórios da área experimental de 0,5 hectares, para análise do solo e recomendação de adubação para a cultura. Foram realizada uma aração profunda e duas gradagens, para quebra dos torrões e homogeneização do solo, facilitando a construção dos canteiros e o plantio das mudas. A semeadura da alface foi realizada em Substrato Espuma Fenólica Green-Up, com 345 células. As mudas foram produzidas em casa de vegetação, hidropônica. As mudas foram transplantadas para a área experimental quando apresentavam em média 4-5 folhas definitivas, ou seja, em torno de 25 dias após a semeadura.

Os tratamentos foram dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. A unidade experimental constitui-se por canteiros de 2m de comprimento por 1,0m de largura, com 4 linhas de plantio cada, tendo a área útil composta por 2 linhas centrais, desprezando-se as linhas de bordadura. Na composição dos tratamentos, optou-se por três ambientes luminosos gerados artificialmente com o uso de diferentes telas de sombreamento fotosselativas, visando criar ambientes com diferentes qualidades de luz, sendo estes: T1-preto, constituído sombrite preto; T2-Aluminet®, constituído sombrite de cor prata; T3-vermelho, constituído sombrite vermelho; e T4-testemunha, sem sombrite (pleno sol). O túnel baixo foi coberto com as telas de Sombreamento 35% como citado acima, com as dimensões de 1,5 m de altura e 1,20 m de base. As laterais foram mantidas abertas à altura de 0,30 m da base, para permitir a circulação do ar. Ambos os sistemas de cultivo tiveram como cobertura de canteiro mulching preto e prata.

As temperaturas e luminosidade dos ambientes (tratamentos) durante o período experimental foram registradas em aparelho Data Logger Hobo com faixa de medição -20° a 70°C e 0 a 320.000 lux, respectivamente, colocados à altura do dossel das plantas, com ajuste à medida que estas forem crescendo.

Na colheita, foram utilizadas 3 plantas por tratamento, e, levadas imediatamente ao laboratório do IFES - Campus Itapina para serem avaliados os seguintes parâmetros: número de folhas (considerou-se folhas maior que 0,01 m), comprimento e diâmetro do caule (com o auxílio de um paquímetro), área foliar total (utilizando-se medidor de área foliar LI- 3100 Area Meter), fitomassa fresca e seca (medidas realizadas com balança analítica). A fitomassa seca foi avaliada após a secagem das plantas em estufa de ar circulante a 70 °C até peso constante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa de código aberto R (R Core Team, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisarmos a temperatura do ar obtida pelos microambientes cultivados com alface lisa (Figura 1a). Nota-se que os tratamentos Preto, Vermelho e Testemunha mantiveram basicamente o mesmo padrão de temperatura média com os respectivos valores de 25,3, 25,5 e 25,6 °C. Todavia, o tratamento que utilizou tela Prata (Aluminet®) apresentou temperatura mais elevada durante o período de cultivo em relação aos demais, com valores de temperatura média de 26,4 °C. De acordo com suas especificações, (PLANTEI, 2018), essa diferença de temperatura se dá por a tela prata ter uma menor variação de temperatura durante o dia e a noite. A tela retém ondas longas, mantendo a temperatura da folha maior que do ar, sendo assim a mesma funciona como uma estufa, mantendo a temperatura no seu interior elevada.

Figura 1. Variações de temperatura média diária do ar (a) e de luminosidade (b) registrada no interior dos túneis baixos de cultivo com diferentes coberturas em alface lisa. IFES, Colatina – ES, 2018.

Em relação a variável luminosidade, ou seja, intensidade de luz incidente dentro de cada ambiente (Figura 1b), observou-se uma variação considerável. Dentre os ambientes protegidos a tela Vermelha proporcionou uma maior entrada de luz no ambiente, seguida da Prata e Preta respectivamente, sendo que no ambiente sem malha a intensidade de luz foi muito maior que nos telados. Essa diferença é devido a maior exposição à luz solar, uma vez que o Testemunha não possui sombreamento, sendo totalmente desprotegido da incidência da luz. Cabe ressaltar que, a alface necessita de menos luz para chegar a sua saturação luminosa, nas fases iniciais de desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2004), e no decorrer de seu desenvolvimento vegetal este ponto de saturação é modificado sendo uma característica intrínseca de cada espécie (PINHEIRO, 2013).

Analisando os dados de crescimento da alface lisa (Tabela 1), é notável que os resultados diferenciam estatisticamente de acordo com a pigmentação das telas, pois a tela Prata apresenta uma pequena elevação na representação do número de folhas e de massa seca. O material dessa cobertura é constituído de fios retorcidos que proporciona maior reflexão e distribuição da luz, melhorando o desenvolvimento fisiológico da alface. Nessa etapa todos os tipos de telas considerando todas as variáveis se sobressaíram em relação ao cultivo a pleno sol. Essa característica está relacionada à estrutura de cobertura, pois, segundo Ryder (1999), o ambiente com sombreamento reduz a temperatura do ar e do solo, trazendo benefícios diretos no volume transpiratório.

Tabela 1: Análise morfofisiológica de alface lisa cultivada sob ambientes cobertos com diferentes telas de sombreamento. IFES, Colatina – ES, 2018.

TRATAMENTOS	NF	DC (mm)	CC (cm)	AF (cm ²)	MF (g)	MS(g)
T-1 PRETO	25.0 ab	10.0 b	11.1 b	1639.2 ab	143.8 ab	5.0 a
T-2 PRATA	30.2 a	10.3 ab	14.6 a	1783.9 ab	174.1 a	5.9 a
T-3 VERMELHO	26.7 ab	11.0 a	10.5 b	2015.7 a	174.9 a	5.6 a

T-4 TESTEMUNHA	21.7 b	10.0 ab	7.3 c	1369.4 b	119.7 b	4.8 a
CV %	11.4	5.0	9.5	15.1	16.4	16.9

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$); ns-Não significativo ($p \geq 0.05$); Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste f; NF: Número de folhas; DC: Diâmetro de caule; CC: Comprimento de caule; AF: Área Foliar; MF: Massa fresca; MS: Matéria seca;

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A utilização de telas de sombreamentos fotosseletivas, como cobertura dos túneis baixos para o cultivo de alface do tipo lisa, proporcionou modificações no ambiente que favoreceram as características de interesse agrônomo quando comparadas aquelas cultivadas a céu aberto, principalmente no rendimento de matéria fresca e área foliar.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (EDITAL FAPES Nº 14/2014 - PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR), pelo financiamento da pesquisa e bolsas de estudo e ao IFES pela oportunidade para a realização e apresentação desse estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- CANTU, R.R. et al. Uso de malhas pigmentadas e mulching em túneis para cultivo de rúcula: efeito no ambiente e nas plantas modelo. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.810-815, 2013.
- COSTA, C.M.F. et al. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. Semina: **Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.93-102, 2011.
- DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F. Índices morfofisiológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande . N. 2, p 27 -31.1998.
- PINHEIRO, Renes Rossi. **Malhas de sombreamento fotoseletivas no crescimento e produção de alface hidropônico**. 2013. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rs, Brasil.
- PLANTEI. **Conheças as incríveis telas de sombreamento ultranet e freshnet e seus poderosos benefícios**. 2018. Disponível em: <<https://blog.plantei.com.br/conhec-as-incriveis-telas-de-sombreamento-ultranet-e-freshnet-e-seus-poderosos-beneficios/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- QUEIROGA, R.C.F. et al. Produção de alface em função de cultivares e tipos de telas de sombreamento nas condições de Mossoró. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.192-196, 2001.
- SEABRA JR, S; et al. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes telas de sombreamento no período de inverno. **Horticultura Brasileira** 28: S252-S259. 2010.
- RICARDO, A. S.; VARGAS, P.F.; FERRARI, S.; Pavarini.G.M.P. Telas de sombreamento no desempenho de cultivares de alface. **Nucleus**, v.11, n.2, out. 2014.
- RYDER, E.J. **Crop production science in horticulture: Lettuce, endive and chicory**. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Salinas, USA. 1999. 208p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.

CONSUMO HÍDRICO DA RIZICULTURA NO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO

Camilo Rafael Pereira Brandão¹; Inajá Francisco de Sousa²
Autor para correspondência: camilorafael669@gmail.com

¹Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Prodemá na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe; ²Orientador e Professor no programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Prodemá na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe

RESUMO

Dos recursos disponíveis no planeta, a água é indispensável para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres, no qual a agricultura consome cerca de 70%. O arroz faz parte da dieta de milhões de pessoas diariamente, esta cultura possui grande adaptação em diversas condições climáticas. O estado de Sergipe vem aumentando sua produção e ocupa atualmente a segunda colocação como maior produtor da região Nordeste. Sendo assim, é importante conhecer os fatores que colaboram para um consumo de água mais racional para o desenvolvimento desta cultura. O objetivo deste trabalho foi conhecer o consumo hídrico da rizicultura no baixo rio São Francisco a partir dos valores da evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c) e do acompanhamento dos valores do coeficiente de cultura (K_c) ao longo dos meses da primeira safra de 2018. Os dados meteorológicos coletados são referentes ao período de junho a outubro de 2018. Os resultados obtidos demonstraram que a precipitação efetiva foi de 309 mm; os valores médios das temperaturas máxima, mínima e média do ar foram iguais a 31,8, 17,2 e 24,8°C respectivamente, a evapotranspiração de referência (ET_o) diária oscilou de 2,3 mm dia⁻¹ a 7,4mm dia⁻¹, já a evapotranspiração de cultura (ET_c) teve variações diárias entre 1,1 e 7,7mm dia⁻¹. O coeficiente de cultura (K_c) levou em consideração a quantidade de dias para cada estágio de cultivo e obteve respectivamente na Fase I. 0,51; II. 0,64; III. 1,01, e IV. 0,35. Este estudo colabora para uma gestão mais eficiente dos recursos para a agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Cultura de Arroz; Recursos Hídricos; Evapotranspiração

WATER CONSUMPTION OF RIZICULTURA IN THE LOW SÃO FRANCISCO

ABSTRACT

Of the resources available on the planet, water is indispensable for the balance of terrestrial ecosystems, in which agriculture consumes about 70%. Rice is part of the diet of millions of people daily, this crop has great adaptation in various climatic conditions. The state of Sergipe has been increasing its production and occupies the second place as the largest producer in the Northeast region. Therefore, it is important to know the factors that contribute to a more rational consumption of water for the development of this culture. The objective of this work was to know the water consumption of the riziculture in the lower São Francisco River from the reference evapotranspiration (ET_o), evapotranspiration of the crop (ET_c) and the monitoring of the values of the crop coefficient (K_c) over the months of the first harvest of 2018. The meteorological data collected refer to the period from June to October 2018. The results obtained showed that the effective precipitation was 309 mm; the mean values of the maximum, minimum and average air temperatures were 31.8, 17.2 and 24.8 ° C respectively, daily evapotranspiration (ET_o) ranged from 2.3 mm day⁻¹ to 7, 4mm dia⁻¹, the crop evapotranspiration (ET_c) had daily variations between 1.1 and 7.7mm dia⁻¹. The cultivation coefficient (K_c) took into account the number of days for each stage of cultivation and obtained, respectively, in Phase I. 0.51; II. 0.64; III. 1.01, and IV. 0.35. This study contributes to a more efficient management of resources for agriculture.

KEY-WORDS: Rice culture; Water resources; Evapotranspiration

INTRODUÇÃO

O arroz é responsável por fornecer cerca de 21% das calorias ingeridas pela humanidade, sendo assim, um do cereal básico mais consumido por mais da metade da população mundial (FAGERIA et al., 1997), pertence à família vegetal das Poaceae, gênero *Oryza* no qual é composta por 22 espécies, dentre tais espécies, destaca-se a *Oryza sativa* L., sendo a mais cultivada, possuindo duas subespécies, indica e japônica. É uma planta de dias curtos que se adapta a diversas condições climáticas, por ser uma cultura milenar (VAUGHAN et al., 2003; MONTEIRO et al., 2009).

A cultura do arroz irrigado na região Nordeste é promissora devido ao grande mercado consumidor e suas condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento adequado, permitindo assim, segundo Breseghello et al. (1999), duas safras anuais. Possui grande importância na geração de mão-de-obra familiar na região do baixo São Francisco sergipano. O estado de Sergipe teve em 2016 o maior rendimento médio (kg/ha) do Brasil no cultivo de arroz, cerca de 33.058 ton com o valor da produção de R\$ 26.299.000,00, sendo o 2º maior produtor de arroz do Nordeste (SERGIPE, 2018).

O dimensionamento e manejo para a irrigação são empregados, normalmente, a partir dos valores do coeficiente de cultura (Kc) na estimativa da demanda hídrica da cultura. Segundo Doorebons e Fruitt (1977), o coeficiente de cultivo é um fator importante no indicativo do consumo de água ideal para planta durante todo seu ciclo, constituindo-se, portanto, um elemento imprescindível para um manejo de irrigação eficiente, melhorando consequentemente a gestão dos recursos hídricos disponíveis.

OBJETIVOS DO TRABALHO

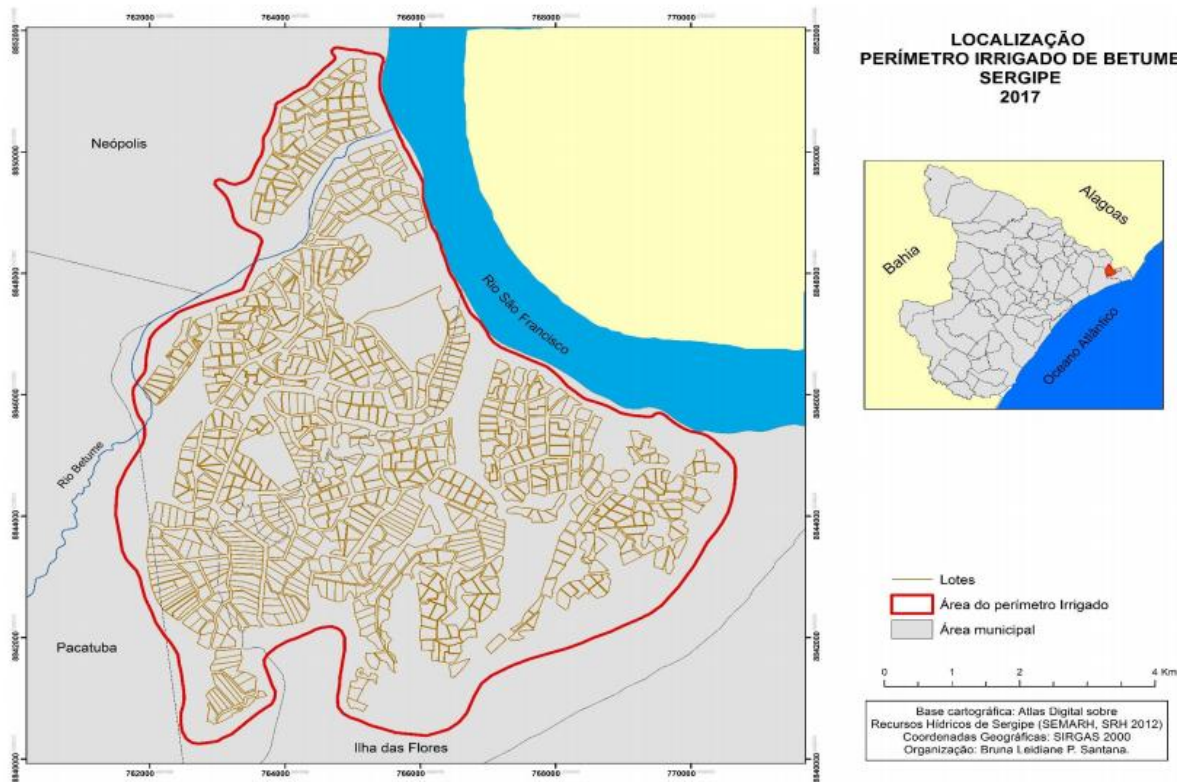
O objetivo deste trabalho foi conhecer o consumo hídrico da rizicultura na região do baixo rio São Francisco a partir dos valores da evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c) da rizicultura e do acompanhamento dos valores do coeficiente de cultura (Kc) ao longo dos meses da primeira safra de 2018

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no perímetro irrigado Betume, localizado entre os municípios de Neópolis, Ilhas das Flores e Pacatuba no baixo São Francisco, no Estado de Sergipe (Figura 1).

A estimativa da ET_o foi realizada através dos dados climáticos diários coletados de janeiro a dezembro de 2018, obtidos na estação meteorológica automática A421 pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, nas coordenadas geográficas 10.473959°S e 36.482051°W e altitude de 10m. O clima da região do baixo São Francisco sergipano de acordo com Köppen é tropical, classificado como As. Sua precipitação média anual é de 1555mm, onde maio, junho e julho são considerados os meses mais chuvosos e o solo se caracteriza hidromórfico e aluviais com predominância de textura argilosa e de pouca profundidade (CODEVASF, 2005).

Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado Betume, Sergipe



Organização: Leidiane P. Santana, 2017.

Para se obter o ET_c utilizado neste trabalho foi necessário a seguinte equação:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

(1)

Em que: ET_c = evapotranspiração de cultura; K_c = coeficiente de cultura e ET_o = evapotranspiração de referência.

O coeficiente de cultura (K_c) está de acordo com o descrito por Monteiro et al (2009) no qual leva em consideração o sistema radicular do arroz para determinar a necessidade hídrica da cultura, que possui uma variação em torno de 400mm a 700mm a depender do tipo do cultivar, região do país, época de semeadura e manejo do solo. O coeficiente de cultura (K_c) apresentado abaixo na Tabela 1 e utilizado para o estudo está de acordo com o preparo convencional do solo (nivelamento, distribuição uniforme da lâmina de água e eliminação de plantas daninhas).

Tabela 1. Coeficientes de cultura referentes ao arroz de terras.

Estádio	Duração (dia)	K_c
Emergência – Início do perfilhamento	20	0,58
Início do perfilhamento – iniciação da panícula	45	0,72
Iniciação da panícula – grão pastoso	55	1,34
Grão pastoso – maturação	15	0,67

Fonte: Adaptado de Monteiro et al., 2009.

A temperatura do ar é um dos elementos climáticos importantes para o crescimento, desenvolvimento e produtividade onde cada fase possui sua temperatura crítica ótima, mínima e máxima, podendo ser observadas na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Temperaturas críticas mínimas, máximas e ótimas, para o crescimento e o desenvolvimento do arroz.

Temperatura crítica do ar (°C) Estádio do desenvolvimento			
	Mínima	Máxima	Ótima
Emergência	10	45	25-30
Desenvolvimento da raiz	16	35	25-28
Perfilhamento	16	33	25-31
Emergência da panícula	15-20	38	25-28
Maturação	12-18	30	20-25

Fonte: Adaptado de Monteiro et al., 2009.

A radiação solar que atinge a terra (R_s) é considerada fonte de energia para a fotossíntese e evapotranspiração das plantas, sendo formada por dois componentes. No processo de fotossíntese as plantas utilizam apenas uma fração a radiação incidente, para o arroz cultivado em condições ótimas, segundo Heinemann et al (2009) alguns valores encontrados na literatura foram de 1,11 a 1,39 g Mj^{-1} .

O desenvolvimento desta cultura também requer uma velocidade de vento baixa para repor o suprimento de CO_2 , porém esta velocidade pode afetar o desempenho da cultura do arroz de maneira positiva ou negativa quando associado com a temperatura do ar e umidade relativa. A chuva em excesso pode prejudicar o crescimento a planta, reduzindo a disponibilidade de radiação global durante o ciclo da cultura, sendo importante se preocupar com todo o processo de crescimento, desenvolvimento e colheita.

Todos os dados meteorológicos foram inseridos em planilhas eletrônicas do Excel e posteriormente gerado gráficos para discorrer nos resultados apresentados abaixo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

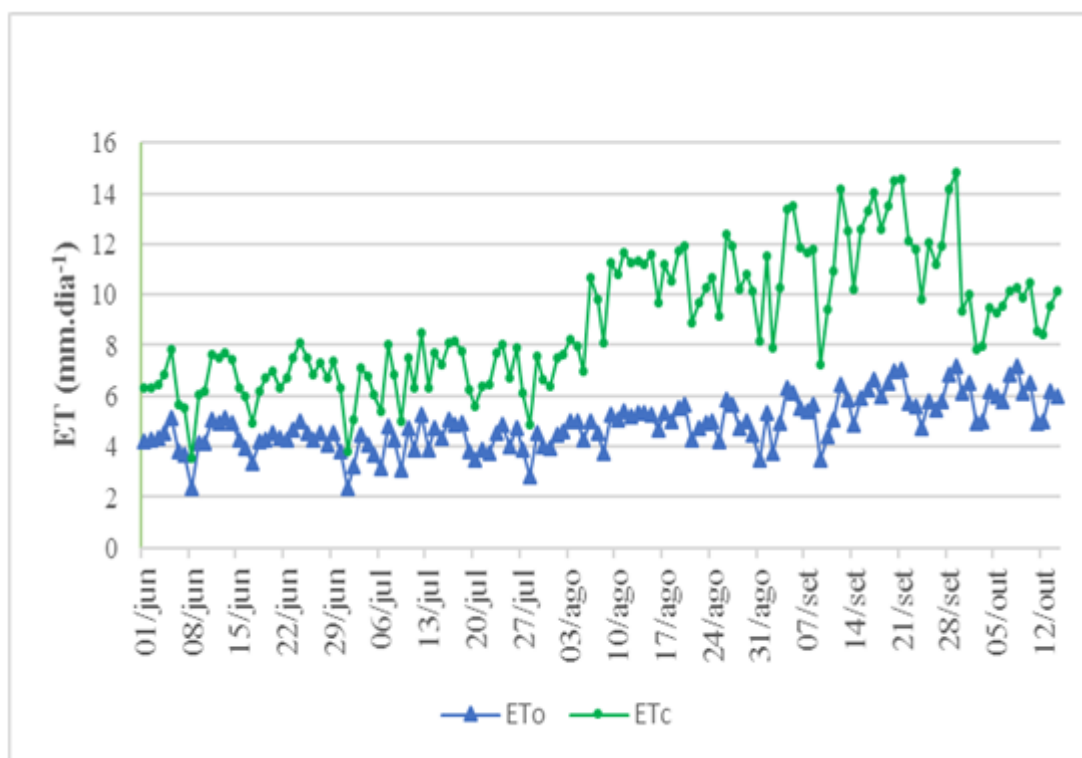
Durante os meses no qual foi realizado o cultivo do arroz, entre os meses de junho e outubro, a precipitação efetiva foi de 309 mm e os valores médios das temperaturas máxima, mínima e média do ar foram iguais a 31,8, 17,2 e 24,8°C, respectivamente. Esses valores de temperatura ficam dentro do que é descrito por Monteiro et al., (2009) no qual são classificados como ótimo para o desenvolvimento do arroz em todos os seus estádios. Entretanto, o déficit hídrico total no período contabilizado foi de 0mm dia^{-1} . Já o excedente hídrico total foi de 31,60mm dia^{-1} e média de 1,35mm dia^{-1} . A evapotranspiração de referência (ETo) diária oscilou de 2,3 mm dia^{-1} a 7,4mm dia^{-1} , com média de 4,9mm dia^{-1} . Já os valores médios mensais de ETo variaram entre 4,1 e 6,8mm dia^{-1} (Figura 2).

Os períodos de maior demanda evaporativa e, conseqüentemente, com maiores valores médios de ETo , foram início de julho e final de outubro. A ETo atingiu seu valor mínimo, que foi de 2,3mm dia^{-1} no mês de junho (Figura 1). O valor total de ETc no período foi de 547,7mm, com média de 4,02mm dia^{-1} e variações diárias entre 1,1 e 7,7mm dia^{-1} . De janeiro até maio não se tem registro pluviométrico para a região (Figura 3).

As médias mensais de ETc oscilaram de 6,2 a 2,6mm dia-1 (Figura 2). Os maiores valores médios de ETc ocorreram nos meses de junho no qual coincide com o período de semeadura do cultivo e também entre agosto e setembro onde coincide com os períodos de desenvolvimento, colheita e pós colheita. Os menores valores de ETc foram registrados no início com 2,45mm dia⁻¹ e no final do ciclo da cultura com 2,9 mm dia⁻¹ (Figura 2), correspondendo aos períodos de início do perfilhamento e maturação, respectivamente.

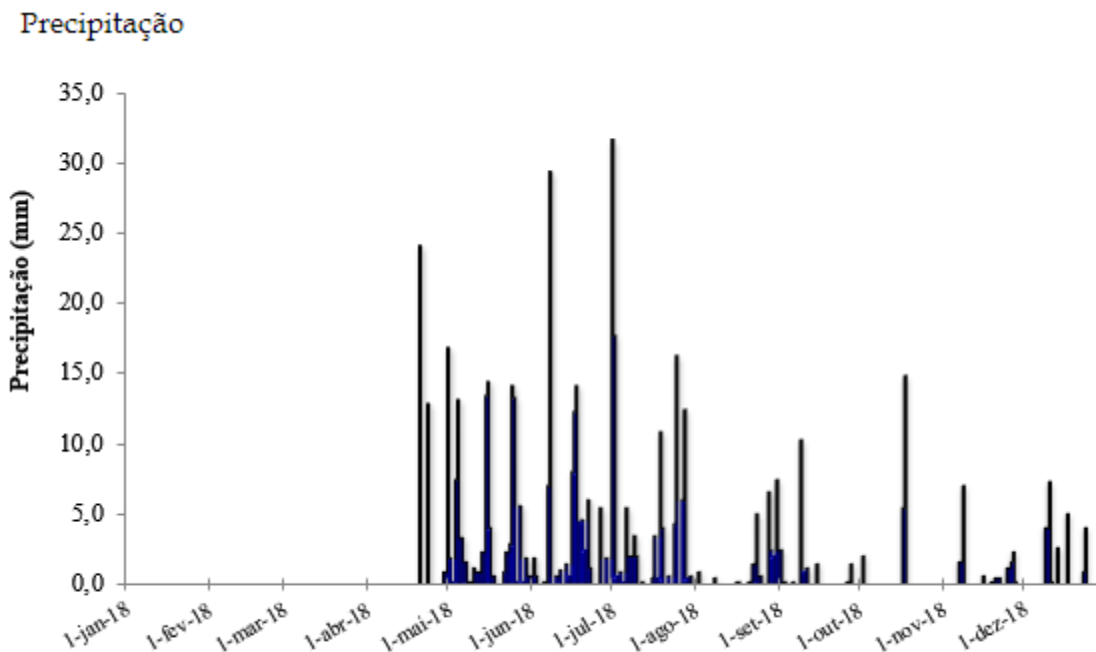
Souza (2013) em seu trabalho na cidade de Cachoeira do Sul – RS obteve um máximo de 6 e 7mm dia⁻¹, onde se justificou pelo período de plantio na região que foi nos primeiros meses do ano, após um período de forte chuva, garantindo assim umidade suficiente no solo. Na região noroeste de São Paulo, Maquetti et al., (2007) em seu trabalho sobre o atendimento hídrico ao arroz de terras altas obtiveram variações diárias da ETc foi de 2,33 até 1,02 mm dia⁻¹ a depender do estágio da cultura.

Figura 2. Valores médios de evapotranspiração de referência (ETo) e da evapotranspiração da cultura (ETc) da rizicultura.



Fonte: Brandão e Sousa (2019).

Figura 3. Precipitação efetiva do ano de 2018 para a região do perímetro irrigado do Betume.



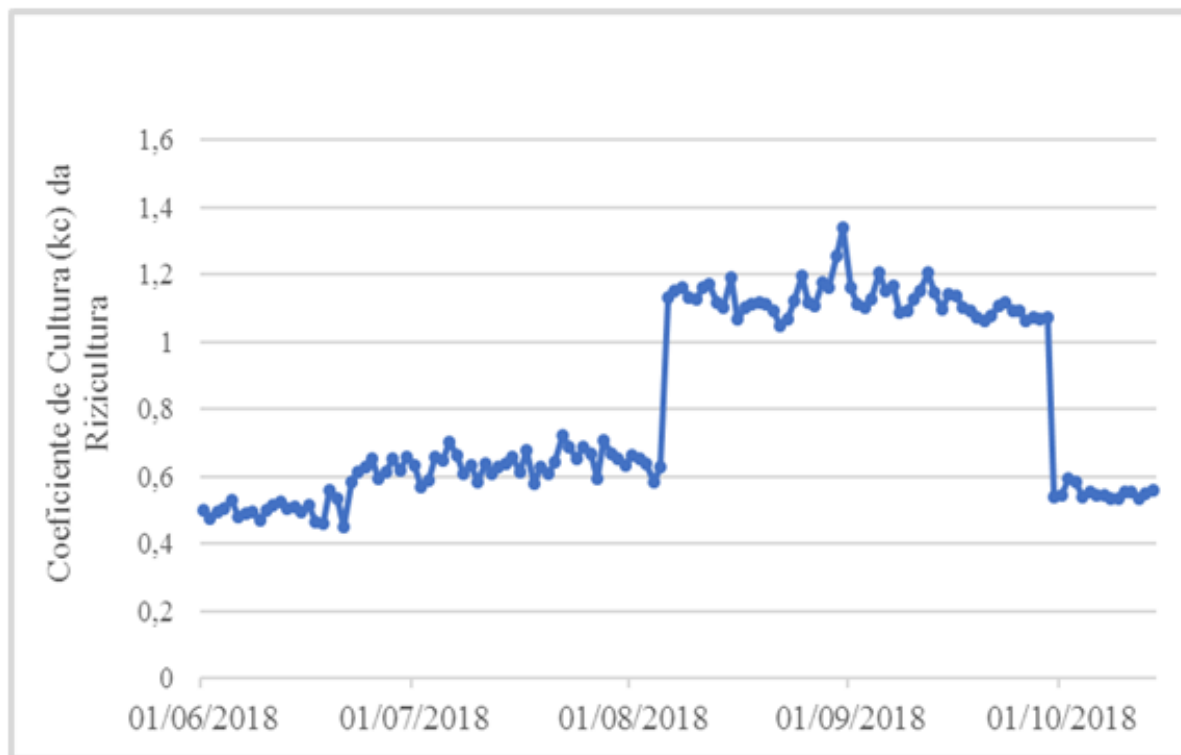
Fonte: Brandão e Sousa (2019).

O coeficiente de cultura (K_c) utilizado nesta pesquisa correspondeu ao período de dias relacionado a cada estágio de cultivo do arroz representado da seguinte forma, (emergência 20 dias, início do perfilhamento 45 dias, iniciação da panícula 55 dias, grão pastoso e maturação 15 dias), no qual apresentou um crescimento contínuo e, por fim declínio (Figura 4), variando entre 0,51 (emergência e início do perfilhamento), 0,64 (início de perfilhamento e iniciação da panícula) 1,01 (iniciação da panícula – grão pastoso) e por fim, 0,35 (grãos pastosos e maturação), com um coeficiente total dos 136 dias somando 109,29.

Para Stone et al (2004), o coeficiente de cultura variam de 0,58 e 0,67 entre o primeiro estágio do cultivo e no último estágio, se aproximando dos valores obtidos durante a pesquisa no qual o maior valor encontrado foi 1,34 durante o terceiro estágio (iniciação da panícula) e 0,67 no final do desenvolvimento da cultura.

De acordo com recomendações da FAO (ALLEN et al., 1998), os valores de K_c para a rizicultura variam entre 1,10 e 0,95 durante o ciclo da cultura, no qual são superiores aos observados no presente trabalho. O uso desses coeficientes seguindo as condições do perímetro irrigado Betume superestimaria os valores de E_{Tc} . Sendo assim poderia proporcionar um desperdício de água caso fosse utilizado na gestão do manejo de irrigação.

Figura 4. Coeficiente de cultura (K_c) para a rizicultura no baixo São Francisco.



Fonte: Brandão e Sousa (2019).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que os valores da evapotranspiração de referência juntamente com a evapotranspiração de cultura do arroz são importantes no auxílio da gestão dos recursos hídricos utilizados no perímetro irrigado Betume.

Através o coeficiente de cultivo (Kc) é possível melhorar o manejo da irrigação utilizada na região para o arroz, no qual pode auxiliar durante as quatro fases de desenvolvimento da cultura, no qual os valores variam, melhorando o racionamento do uso da água e diminuindo os problemas causados pela falta ou excesso de irrigação, conseqüentemente, apresentando melhores resultados na produtividade para a região.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados disponibilizados. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - BRASIL (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G. et al. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm> > Acesso em: 15 de abril de 2019.

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P.; Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 399-407, 1999. Disponível em: < <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5185> > Acesso em: 14 de abril de 2019.

CODEVASF. **Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASAF**. 4ª superintendência regional. 2005.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977) Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 p. Disponível em:< <http://www.fao.org/3/a-f2430e.pdf>> Acesso em: 15 de abril 2019.

FAGERIA, N.K. et al. Growth and mineral nutrition of field crops. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997.

HEINEMANN, A. B; STONE, L. F; SILVA, S. C.; Arroz. In: MONTEIRO et al. (Org.). **Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em:< http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/home/publicacoes/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf> Acesso em: 13 de abril de 2019.

MIQUELETTI, F.; FERREIRA RODRIGUES, R.; ARF, O. Atendimento hídrico ao arroz de terras altas para diferentes épocas de semeadura no noroeste de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 2, 2007. Disponível em:< <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/268/119>> Acesso em: 14 de abril de 2019.

MONTEIRO, J. E. et al. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em:< http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/home/publicacoes/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf> Acesso em: 13 de abril 2019.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Perfil da Agricultura Sergipe 2016 – 2017**. Aracaju, 2018. Disponível em:< <http://www.observatorio.se.gov.br/component/content/article/20-sample-data-article/publicacoes/video/84-perfil-da-agricultura-sergipana>> Acesso: 12 de abril 2019.

SOUZA, Vanessa de Arruda. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a estimativa da evapotranspiração em uma cultura de arroz irrigado**. 88f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em sensoriamento remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/ RS, 2013. Disponível em:< <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/72454>> Acesso em: 14 de abril de 2019.

STONE, L. F.; DA SILVEIRA, P. M. Arroz irrigado por aspersão. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2004. Disponível em:< <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/212472>> Acesso em: 12 de abril de 2019.

VAUGHAN, D. A.; MORISHIMA, H.; KADOWAKI, K: Diversity in the *Oryza* genus. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 39-146, 2003. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526603000098>> Acesso em: 10 de abril de 2019.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MESORREGIÃO NORTE CENTRAL DO ESTADO DO PARANÁ PARA O CULTIVO DA BATATA-DOCE

Alan Carlos Martelócio¹; Nathan Felipe da Silva Caldana²; Evandro João Rodrigues³; Geovanna Cristina Zaro Costa¹; Paulo Henrique Caramori¹
Autor para correspondência: amartelocio@agronomo.eng.br

¹Instituto Agronômico do Paraná; ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná; ³Universidade Estadual de Londrina

RESUMO

A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que afeta a produção das lavouras com maior frequência e intensidade no estado do Paraná. O objetivo foi realizar análises desta variável para a cultura da batata-doce na Mesorregião Norte Central do Paraná (MRNCP), visando identificar riscos climáticos para a cultura na região. Foram usados dados de precipitação pluviométrica diária de 44 estações distribuídas na Mesorregião, do período de 1976 a 2018. A distribuição espacial dos dados pluviométricos foi obtida por meio de interpolação utilizando o método Inverse distance weighted (IDW), com o auxílio do Software Qgis. Ainda foram separadas as precipitações acumuladas em semestres móveis (nov-abr, dez-mai, etc) com a finalidade de verificar diferentes períodos de cultivo no ano. Com base nos resultados, toda a região apresentou aptidão, sendo a região Sul a que apresentou as maiores alturas pluviométricas. Pelos semestres móveis, apenas a estação de Alvorada do Sul apresentou restrição hídrica em duas épocas de cultivo. Portanto, a precipitação não é limitante ao cultivo da batata doce na MRNCP.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Risco Climático; Zoneamento

WATER AVAILABILITY OF THE CENTRAL NORTHERN MESOREGION OF THE STATE OF PARANÁ FOR THE CULTIVATION OF SWEET POTATO

ABSTRACT

Rainfall is one of the meteorological elements that affect crops production with greater frequency and intensity in the state of Paraná, Brazil. The objective was to carry out analyzes to verify the climatic risk of this variable for the sweet potato crop in the Central Northern Mesoregion of Paraná (MRNCP). The assessments used daily rainfall data from 44 stations distributed in the MRNCP from 1976 to 2018. The spatial distribution of the rainfall data was obtained through interpolation using the Inverse Distance Weighted (IDW) method, with the aid of the Qgis Software. The accumulated precipitations were also separated in mobile semesters (Nov-Apr, Dec-May, etc), in order to verify different periods of cultivation in the year. Based on the results, the entire region presented aptitude, with the South region presenting the highest rainfall heights. By the mobile semesters, only the station of Alvorada does Sul presented restrictions of rainfall in two cropping periods. Therefore, precipitation is not a limiting factor for the cultivation of sweet potatoes in the MRNCP.

KEY-WORDS: Precipitation; Climatic Risk; Zoning

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é o elemento mais importante e o atributo climático de maior expressão e significância nas regiões de clima tropical e subtropical, onde a sua distribuição variável anualmente, com frequentes ocorrências de períodos de chuvas extremas e secas influenciam nas diversas atividades agrícolas. O Estado do Paraná, por estar localizado em uma área de transição climática carece de estudos que demonstrem a viabilidade e o risco para a produção agrícola (MICHLER et al., 2018; NITSCHKE et al., 2019).

A batata-doce (*Ipomea batatas L.* (Lam.)) é uma planta tropical de origem americana. É considerada uma cultura rústica que produz satisfatoriamente em condições adversas de solo e clima com baixa intervenção em manejo. Por essas vantagens e por sua riqueza nutricional, a batata-doce é cultivada por todo o território nacional (SILVA et al., 1995; GICHUKI et al., 2003; DELAZARI et al., 2018). A colheita pode ser realizada entre 90 e 180 dias, dependendo das condições de manejo (QUEIROGA et al., 2007).

A cultura produz bem em regiões com média anual de 750 a 1000 mm de chuva. Durante a fase de crescimento, a cultura exige cerca de 500 a 600mm (SILVA, 1995; ROESLER et al., 2008; KITAYA et al., 2013; RÓS et al., 2013; DELAZARI et al., 2018). É desejável que não haja excesso de chuvas no período de colheita.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise da precipitação para a cultura da batata-doce (*Ipomea batatas L.*) na Mesorregião Norte Central do Estado do Paraná (MRNCP), utilizando dados de precipitação de 1976 a 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo - A MRNCP abrange uma área de 24.532 km². No ano de 2017 produziu em torno de 12 mil toneladas de batata-doce, correspondendo a 21% da produção paranaense (IPARDES, 2019). O clima é de transição, com pequena parte de sua área localizadas nas porções centrais e extremo sul do tipo Cfb e na faixa leste Cfa, conforme a classificação climática de Köppen (NITSCHKE et al., 2019).

Dados de precipitação - Foram utilizados dados de 44 estações pluviométricas do ano de 1976 até 2018, com anos de funcionalidades distintas. Sendo elas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência Nacional das Águas (ANA) e do Instituto das Águas do Paraná (Figura 01).

A distribuição espacial dos dados pluviométricos foi obtida por meio de interpolação utilizando o método Inverse distance weighted (IDW), com o auxílio do Software Qgis. O IDW é um interpolador recomendado para a espacialização de dados pluviométricos (MUELLER, 2004). Os dados pontuais das estações pluviométricas foram inseridos no Software Qgis e transformados em um arquivo tipo raster, com o auxílio do interpolador IDW.

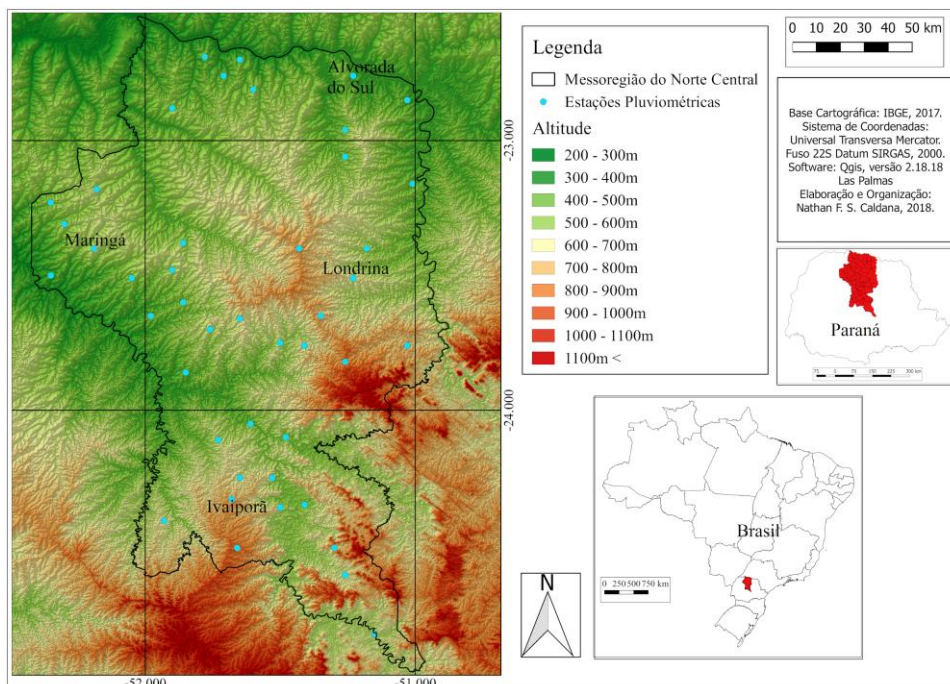


Figura 1: Localização das estações, postos pluviométricos e o relevo da Mesorregião Norte Central do Paraná (Org.: autores, 2019).

Para identificar as melhores épocas de plantio, foram separadas as precipitações acumuladas em semestres móveis com passo 1 (novembro a abril, dezembro a maio, etc), aplicados em um gráfico utilizando o *Software Statistica*®. Para isso, foram selecionadas 4 estações (Alto Porã, Floriano, São Luiz e Alvorada do Sul).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade pluviométrica

São evidentes as discrepâncias dos regimes pluviométricos em toda a extensão da Mesorregião Norte Central do Paraná (Figura 02), devido ao fato desta se localizar justamente na faixa de transição climática e com grandes variações de altitude. A parcela localizada mais ao Sul concentrou as maiores médias pluviométricas da MRCEP, variando de 1650 a 1925mm, enquanto as menores alturas foram observadas na porção Norte, variando de 1400 a 1599mm. Ocorrem disparidades nas extremidades da mesorregião. A região de Ivaiporã possui umas das maiores altitudes (900-1000m) coincidindo com as maiores alturas de precipitação (1700-1925mm). Isso é evidente ao longo de toda a Mesorregião. A porção Oeste apresentou alturas de 1500 a 1600mm, enquanto a Centro-Leste variou de 1600 a 1725mm. Com base nos totais pluviométricos, a mesorregião mostra-se em condições favoráveis para o cultivo do tubérculo, com alturas médias de precipitação variando de 1400mm na porção Norte a 1925mm na porção Sul.

Semestres Móveis

É possível observar que apenas os semestres móveis de Março-Agosto e Abril-Setembro (Figura 03) da estação de Alvorada do Sul não atendem as exigências hídricas da cultura da batata-doce. Portanto, não se recomenda o cultivo nesta região nos meses indicados. A região onde está localizada a estação de Alvorada do Sul apresentou em todos os semestres móveis as menores precipitações acumuladas.

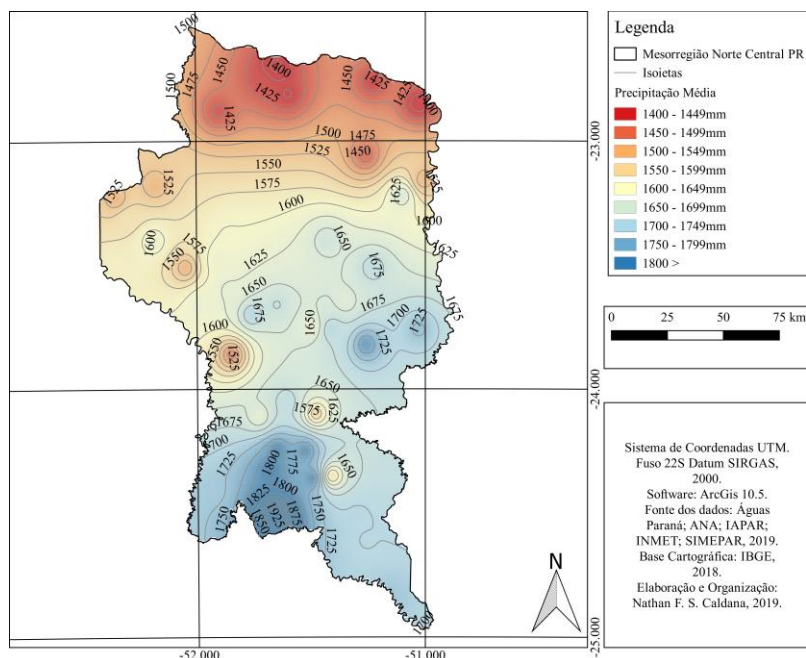


Figura 2: Precipitação pluviométrica média anual na Mesorregião Norte Central do Paraná (Org.: autores, 2019)

A estação de Alto Porã (Figura 03) apresentou as maiores precipitações acumuladas, se mostrando uma região importante para o cultivo. No entanto as demais não apresentaram restrição quanto ao regime hídrico, sendo, portanto, aptas ao cultivo do tubérculo.

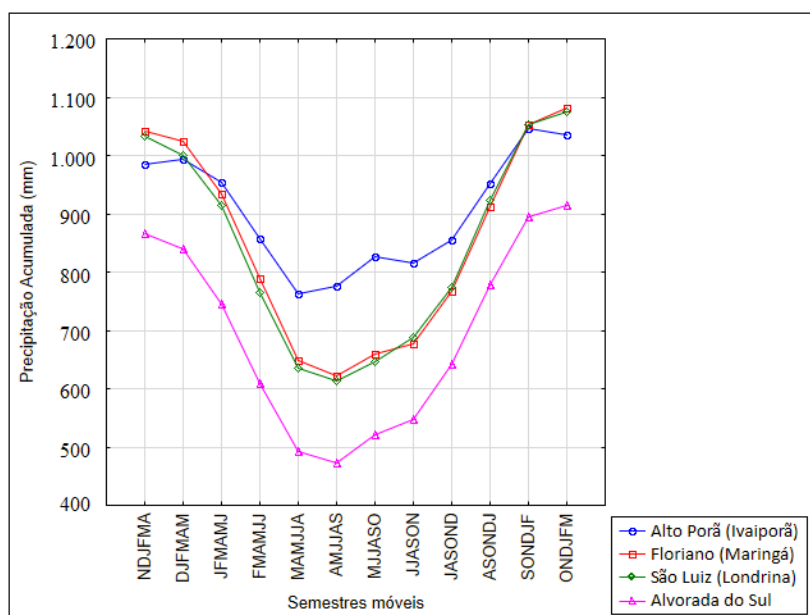


Figura 3: Precipitação pluviométrica por semestre móvel na Mesorregião Norte Central do Paraná (Org.: autores, 2019).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A Mesorregião Norte Central do Paraná tem condições hídricas favoráveis para a batata-doce em grande parte de sua extensão, sendo promissora para expansão do seu cultivo. A precipitação não se mostrou um elemento limitante para o desenvolvimento da cultura em todo o seu ciclo. São necessários estudos de outras variáveis meteorológicas e de condições de solo para definir todos os parâmetros de risco para a cultura.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

DELAZARI, F. T. et al. Eficiência no uso da água e acúmulo de matéria na batata-doce em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 115-128, 2017. Disponível em: <<http://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2130>> Acesso em 30 de Abril de 2019.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES) **Produção de Batata-doce**. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso em 22 de Maio de 2019.

KITAYA, Y. et al. Effects of water contents and CO₂ concentrations in soil on growth of sweet potato. **Field Crops Research**, v. 152, p. 36-43, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429013002402>> Acesso em 22 de Maio de 2019.

MICHLER, J. et al. Conservation agriculture and climate resilience. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 93, p. 148-169, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069617307532>> Acesso em 19 de Maio de 2019.

MUELLER, T. G. et al. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 6, p. 2042-2047, 2004. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/68/6/2042>> Acesso em 30 de abril de 2019.

NITSCHKE, P. R. et al. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>. Acesso em 30 Abril de 2019.

DE QUEIROGA, R. C. F. et al. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Hortic. Bras.**, v. 25, n. 3, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n3/a10v25n3>> Acesso em 17 de Maio de 2019.

SILVA, J. B. C. et al. Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **EMBRAPA-CNPQ. Instruções técnicas da Embrapa Hortaliças**, 1995. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/753382/cultivo-da-batata-doce-ipomoea-batatas-l-lam>> Acesso em 15 de Maio de 2019.

CULTIVO DE GLADIÓLO NO INVERNO EM AMBIENTE PROTEGIDO NA MESORREGIÃO SERRANA DE SANTA CATARINA

LEOSANE CRISTINA BOSCO¹; LOURDES SANTINA WILPERT¹; LUCIANE TEIXEIRA STANCK¹; MELINA INES BONATTO¹; BRUNA MEDEIROS DA SILVA¹

Autor para correspondência: leosane.bosco@ufsc.br

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

RESUMO

O objetivo desse trabalho é caracterizar o desenvolvimento e o crescimento de plantas e a qualidade de hastes florais de gladiolo cultivado durante o inverno em casa de vegetação na mesorregião serrana de Santa Catarina. Foi realizado experimento em casa de vegetação na UFSC/Curitiba. O gladiolo foi cultivado em 30 vasos de 14L. A cultivar utilizada foi a Red Beauty com plantio realizado em 15/06/18. As fases de desenvolvimento avaliadas foram de brotação, entre o plantio e a emergência (PL-EM), a fase vegetativa, entre a EM e início do espigamento (EM-R1) e a fase reprodutiva, do R1 até ponto de colheita 2 (R1-R3). Para a determinação da duração total do ciclo e para cada fase foi realizado a contagem a partir de dias do calendário civil e pelo método de soma térmica. As características de crescimento avaliadas foram estatura de planta, número de folhas e IAF máximo. A qualidade de hastes florais foi determinada quando as hastes florais estavam em R2 medindo-se o comprimento total da planta, comprimento da haste floral e o diâmetro da base da espiga. Plantas da cultivar Red Beauty em ambiente protegido tem ciclo de 71 dias ou 1.278°C dia. A estatura final média das plantas é de 110 cm, número final de folhas de 7 e IAF por planta de 2.5. A qualidade das hastes florais produzidas em casa de vegetação durante o inverno de 2018 em Curitiba, SC, não atingiu os padrões estabelecidos pelo comércio de flores do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Gladiolus x grandiflorus Hort; Estufa; Fenologia

GLADIOLUS CULTIVATION IN WINTER IN PROTECTED ENVIRONMENT IN SANTA CATARINA

ABSTRACT

The aim of this study is to characterize the development and growth of plants and the quality of gladiolus flower stems cultivated during winter in a greenhouse in the Santa Catarina mountain mesoregion. A greenhouse experiment was carried out at UFSC/Curitiba. The gladiolus was cultivated in 30 pots of 14 L. The cultivar used was Red Beauty with planting carried out on 06/15/18. The development phases evaluated were between sprouting and emergence (PL-EM), the vegetative phase, between EM and the beginning of the peaking (EM-R1) and the reproductive phase, from R1 to harvest point 2 (R1-R3). For the determination of the total cycle duration and for each phase counting was performed from days in the civil calendar and by the thermal sum method. The growth characteristics evaluated were plant height, number of leaves and maximum LAI. The quality of floral stems was determined when the floral stems were in R2, measuring the total length of the plant, length of the floral stem and the diameter of the base of the spike. Plants of the cultivar Red Beauty in protected environment have a cycle of 71 days or 1.278°C day. The mean final height of the plants is 110 cm, final number of leaves of 7 and LAI per plant of 2.5. The quality of floral stems produced in a greenhouse during the winter of 2018 in Curitiba, SC, did not reach the standards established by the Brazilian flower trade.

KEY-WORDS: Gladiolus x grandiflorus Hort; Greenhouse; Phenology

INTRODUÇÃO

O cultivo do gladiólo pode ser realizado durante o ano inteiro, desde que, as exigências térmicas sejam atendidas, ou seja, temperaturas médias do ar entre 10°C e 25°C (LIM, 2014). As plantas não toleram geadas de forte intensidade (LIM, 2014, SCHWAB et al., 2018). Devido as condições de altitudes mais elevadas em algumas regiões de SC, há uma grande ocorrência de temperaturas menores ou iguais a 0°C, principalmente nos meses de junho e julho (WREGE et al., 2018). No caso do gladiólo, essas temperaturas baixas são limitantes principalmente na fase reprodutiva. A haste floral apresenta uma maior restrição a temperaturas baixas e ocorrência de geada e os danos ocasionados podem ser irreversíveis (SCHWAB et al., 2018). O zoneamento de risco climático do gladiólo para SC indica que o principal risco associado ao cultivo está relacionado a ocorrência de geada, que limita a produção, principalmente na mesorregião Serrana de SC durante o período do outono e inverno (BONATTO, 2019).

Ambientes protegidos, como casa de vegetação e estufas, são uma opção para o cultivo do gladiólo nos locais que apresentam restrição ao plantio no período do inverno, permitindo a produção ao longo de todo ano. Estudos mostram que há uma diminuição de 5 a 35% da radiação solar incidente no interior do ambiente protegido, essa porcentagem varia principalmente conforme o material utilizado na cobertura e o ângulo de elevação do sol (PURQUERIO e TIVELLI, 2006). Mesmo sendo uma planta heliófila, de desenvolvimento a pleno sol, esta se desenvolve adequadamente em ambientes protegidos (PAIVA et al., 1999). Devido à pouca perda de calor no interior das estufas, as temperaturas do ar tendem a ser maiores que as externas. Se o aumento de temperatura não for controlado, fará com que as temperaturas se elevem a uma condição desfavorável para as plantas, ou seja, acima do seu limite térmico (CALVETE e TESSARO, 2008). A duração do ciclo de desenvolvimento tende a reduzir em ambiente protegido, devido à elevação das temperaturas (PURQUERIO, e TIVELLI, 2006). Segundo ISLAM e HAQUE (2011) plantas de gladiólo produzidas sob túnel de polietileno apresentaram um adiantamento no florescimento quando comparadas com plantas a céu aberto. Além disso, observaram um melhor desenvolvimento das plantas e um maior número de floretes por espiga.

Cultivo de gladiólo em estufa não é comumente realizado no Brasil, pois a planta é considerada rústica com características adaptadas ao ambiente externo e, geralmente cultivada em clima tropical durante o ano todo. No entanto, na mesorregião Serrana de SC, o clima é subtropical com verões amenos e invernos com até 22 ocorrências de geada, ou seja, o cultivo no inverno não é recomendado (BONATTO, 2019). Além disso, em condições controladas é possível fazer estudos controlados, como exemplo de trabalho de Porto et al. (2014) que avaliaram o efeito de diferentes níveis de água e nitrogênio em gladiólo em cultivo protegido.

O desenvolvimento do gladiólo é caracterizado por três fases principais. A primeira fase é a de brotação dos bulbos que inicia no plantio (PL) e vai até a emergência (EM) e tem duração entre 11 e 22 dias. A segunda fase é a vegetativa, que vai da emergência até o início do espigamento (R1) com duração entre 65 e 91 dias, e a terceira fase é a reprodutiva, que vai do início do espigamento até a senescência completa dos florestes da haste (R5). No entanto, quando o cultivo é realizado com objetivo de colheita de hastes, o ciclo é considerado até o primeiro (R2) ou segundo (R3) ponto de colheita. O ciclo total até o ponto de colheita varia entre cultivares, sendo mais longo para cultivares tardias e mais curto para cultivares precoces. Quanto maior a duração do ciclo, maior estatura e maior número de folhas são emitidas pelas plantas (STANCK, 2019).

A qualidade das hastes florais de gladiólo é essencial para a comercialização, sendo importante que as hastes não apresentem defeitos como tortuosidade, danos ou murchamento. Além disso, a haste precisa ter espessura mínima de 5 cm para nutrir a flor e manter a haste sadia por maior período, além de haste floral com tamanho mínimo de 75 cm ou que corresponda a 40% do tamanho da haste total (VEILLING HOLAMBRA, 2013).

O crescimento, desenvolvimento e a qualidade do gladiólo são dependentes, principalmente, da temperatura do ar, portanto a hipótese desse trabalho sustenta que em ambiente protegido, durante o inverno, as plantas

terão maior crescimento, ciclo de desenvolvimento mais curto e hastes florais com qualidade similar aquelas cultivadas em ambiente externo em condições ideais de cultivo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é caracterizar o desenvolvimento e o crescimento de plantas e a qualidade de hastes florais de gladiolo cultivado durante o inverno em casa de vegetação na mesorregião serrana de Santa Catarina.

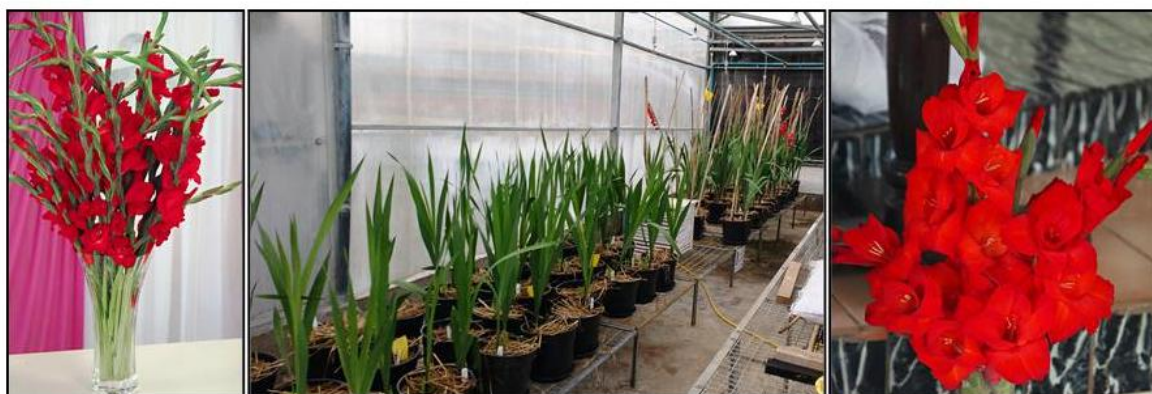
MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento em casa de vegetação foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina campus de Curitibanos (latitude 27°17'05'', longitude 50°32'04'' e altitude 1096 m). O clima local é Cfb, subtropical úmido com verões amenos (ALVARES et al., 2013), sendo as média das temperaturas média, mínima e máximas do inverno são de 12,4°C, 8,2°C e 18,1°C, respectivamente (EMBRAPA, 2011).

O experimento foi composto por 30 vasos de 14 L com 27 cm de diâmetro, preenchidos com solo com pH 6,0 coletado da área experimental próxima da casa de vegetação, classificado como Cambissolo Húmico. Em cada vaso foram plantados dois bulbos, com objetivo de avaliar uma planta por vaso. Realizou-se o plantio em 15 de junho de 2018, com adição de adubação (55 kg ha⁻¹ de uréia, 217 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O) a 20 cm de profundidade e plantio do bulbo a 15 cm de profundidade. Para adubação de cobertura no estágio da terceira folha visível (V3) foi utilizado 130 kg ha⁻¹ de uréia e 130 kg ha⁻¹ de K₂O.

A cultivar utilizada foi a Red Beauty, de coloração vermelha (Figura 1), de ciclo Intermediário II, com bulbos de tamanho 14/16 produzidos em Holambra, SP. Os bulbos foram vernalizados e armazenados em câmara fria por período de 60 dias a 5°C.

Os dados meteorológicos do período experimental foram obtidos de estação meteorológica automáticas instaladas no ambiente externo próximo da estufa, sendo que no interior da estufa foi utilizado sensor de temperatura do ar com datalogger com medidas realizadas com intervalos de uma hora.



Cultivar Red Beauty

Figura 1: Cultivar de gladiolo Red Beauty e vasos em casa de vegetação.

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. Realizou-se o tutoramento com fitilho, quando as plantas estavam entre 6 e 7 folhas e no início do espigamento, para obter a produção de hastes eretas. A condução das plantas foi em haste única e o controle de pragas e doenças foi realizado com a aplicação de inseticidas e fungicidas.

Para as análises de crescimento e desenvolvimento foi marcada uma planta por vaso.

Nas plantas marcadas, foram realizadas medidas semanais da estatura de planta e do número de folhas emitidas. Além disso, quando as folhas cessaram seu crescimento foi realizado a área foliar por planta,

medindo-se o comprimento e largura de cada folha da planta. Com esses dados utilizou-se a estimativa de AF conforme modelo desenvolvido por Schwab et al. (2014). O índice de área foliar foi determinado levando-se em consideração a razão entre AF e área de solo ocupada por cada planta.

Em cada planta marcada foi acompanhado, diariamente, o estágio de desenvolvimento, anotando-se a data de ocorrência dos mesmos. O ciclo da cultura do gladiolo foi dividido em três fases: a fase da brotação dos cormos, que vai do plantio até a emergência (PL-EM), a fase vegetativa que vai da emergência da cultura ao início do espigamento (EM-R1) e a fase reprodutiva, do início do espigamento até o ponto de colheita 1 (R1-R2) e até o ponto de colheita 2 (R1-R3). Foram caracterizados os seguintes estágios, conforme descrito em Schwab et al. (2015a): A emergência, considerado quando 50% das plantas encontram-se visíveis acima da superfície do solo. O aparecimento de folhas, na fase vegetativa, onde foi acompanhado o desenvolvimento de cada folha a partir da emergência das plantas até o início do espigamento. Na fase reprodutiva foi feito o acompanhamento a partir de R1 até pontos de colheita 1 e 2.

Para a determinação da duração total do ciclo de desenvolvimento do gladiolo e para cada fase de desenvolvimento foi realizado a contagem a partir de dias do calendário civil e também pelo método de soma térmica, de modo a caracterizar a duração do ciclo e das fases fenológicas em dias e em graus-dia. A soma térmica diária foi calculada a partir da diferença entre temperatura média do ar obtida em estação meteorológica automática e a temperatura basal inferior da cultura ($T_b = 5^\circ\text{C}$ na fase de brotação, $T_b = 2^\circ\text{C}$ na fase vegetativa, e $T_b = 6^\circ\text{C}$ na fase reprodutiva (UHLMANN et al., 2017)). A soma térmica acumulada foi calculada pelo acúmulo térmico diário do ciclo total e de cada fase.

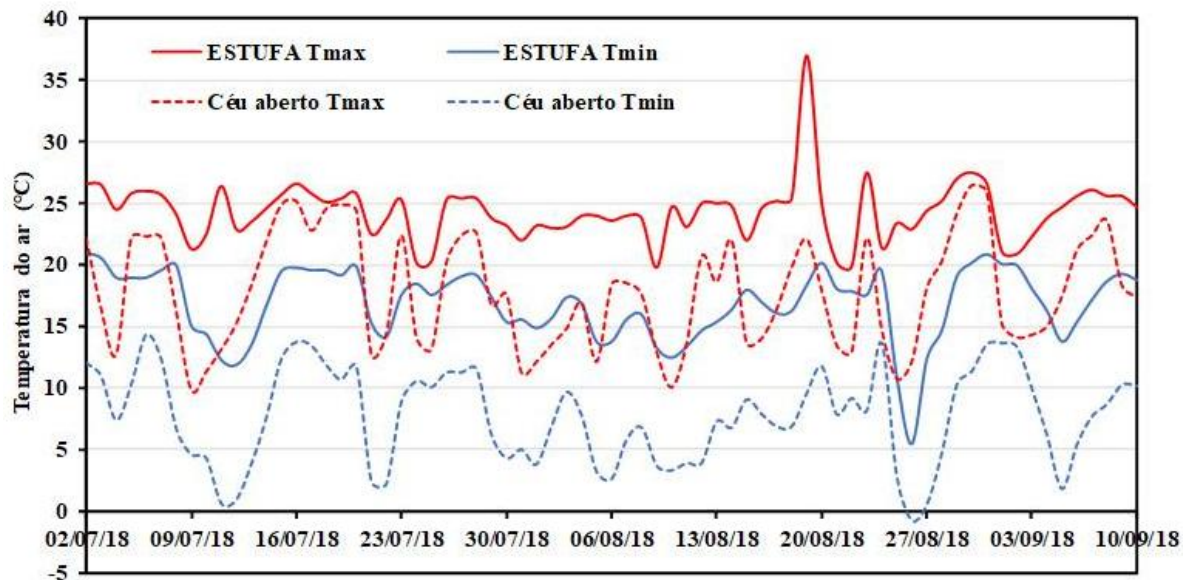
Em cada planta marcada avaliou-se a qualidade de hastes florais. Quando as hastes florais estavam em ponto de colheita, ou seja, no estágio R2 foi realizada a medida do comprimento total da planta (distância da base da planta no solo até a ponta da espiga), comprimento do pendão (distância desde a inserção do primeiro florete até a ponta da espiga) e o diâmetro da base da espiga. Posteriormente realizou-se a classificação conforme as normas descritas em Veilling Holambra (2013).

A partir de um dos padrões quantitativos de qualidade de hastes florais estabelecidos para o gladiolo (VEILLING HOLAMBRA, 2013), as plantas foram classificadas: classe 75, haste com comprimento de 75 cm; classe 90, haste com comprimento de 90 cm; classe 110, haste com comprimento de 110 cm. Além disso, a espessura da haste também foi enquadrada de acordo com o comprimento: classe 75, espessura mínima de 0,5 cm; classe 90, espessura mínima de 0,8 cm; e classe 110, espessura mínima de 1,0 cm. A partir disso, as hastes com comprimento menor do que 75 cm e/ou que não atendam a um dos critérios de diâmetro mínimo ou tamanho de pendão, serão classificadas como não comercializáveis. Além disso, a haste de gladiolo deve apresentar no mínimo 40% de pendão em relação ao total da haste.

O número de floretes formados foi contabilizado em cada haste das plantas marcadas para relacionar com o tamanho da haste, sendo um parâmetro avaliativo de qualidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

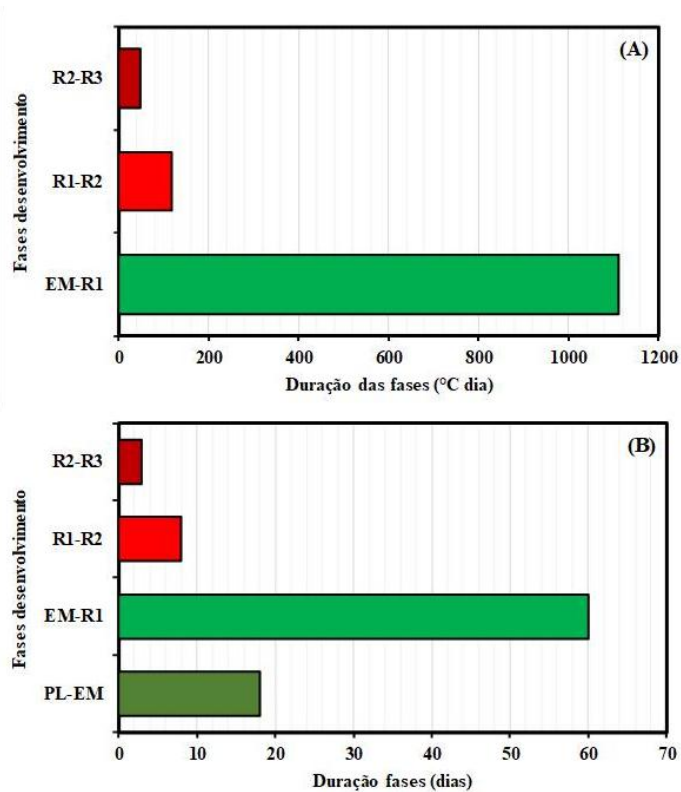
Durante o período experimental as temperaturas mínimas do ar dentro da casa de vegetação variaram entre 10,9 e 21°C e as temperaturas máximas entre 19,8 e 27,5°C. Em média a temperatura mínima e a máxima foram 9,1°C e 6,6°C, respectivamente, maiores na casa de vegetação que em céu aberto (Figura 2). No período de inverno, a manutenção das temperaturas médias do ar entre 10°C e 25°C para a cultura do gladiolo (LIM, 2014) é essencial para o efetivo desenvolvimento das plantas e formação da haste floral de qualidade. De acordo com Uhlmann et al. (2017), danos para a cultura podem ocorrer se a temperatura mínima for menor que 2°C, por três dias consecutivos e se a temperatura máxima for maior ou igual a 34°C durante 3 dias consecutivos no período reprodutivo. No experimento realizado, as temperaturas mínimas se mantiveram acima de 10°C durante todo o experimento, com exceção de um dia que atingiu 5,5°C dentro da estufa e -0,8°C no ambiente externo. Temperatura máxima maior que 34°C foi registrada em um dia na fase vegetativa devido a falha no sistema de ventilação ocasionado pela falta de energia elétrica, sendo que não se observou danos nas plantas.



Temperatura

Figura 2: Temperatura mínima (Tmin) e máxima (Tmax) do ar diária em estufa e em céu aberto durante o ciclo do gladiólo cultivado no inverno em Curitiba, SC, 2018.

A duração do ciclo de desenvolvimento do gladiólo da cultivar Red Beauty foi de 71 dias ou 1.278°C dia entre a emergência (EM) e o ponto de colheita 2 (Figura 3). Bonatto (2019) verificou relação linear negativa entre a duração do ciclo e a temperatura do ar, indicando estreita relação entre o aumento na temperatura do ar e a redução da duração do ciclo para os quatro ciclos de desenvolvimento do gladiólo. Portanto, além da casa de vegetação manter as temperaturas do ar na faixa ótima de desenvolvimento do gladiólo no inverno, esta tende a acelerar o ciclo em comparação ao ambiente externo.



Fases de desenvolvimento

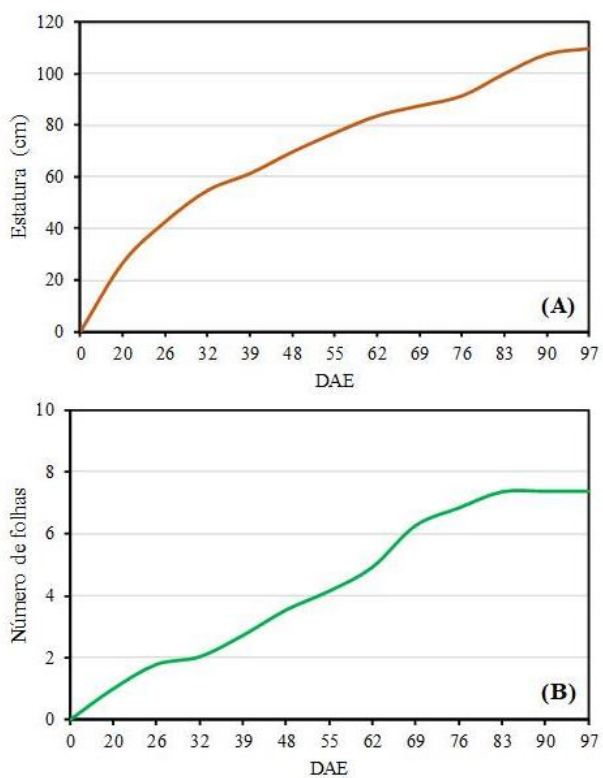
Figura 3: Duração do ciclo de desenvolvimento do gládio cultivado em estufa determinado pelo método de soma térmica (A; °C dia) e em dias do calendário civil (B) em Curitiba, SC, 2018. PL = plantio; EM = emergência; R1 = início de espigamento; R2 = primeiro ponto de colheita; R3 = segundo ponto de colheita.

A fase do plantio (PL) e EM durou 18 dias, período semelhante aos cultivos realizados em céu aberto com finalidade de colheita para dia de Finados (STANCK, et al., 2019). Nesse período a temperatura do solo é menor, influenciando na demora para brotação dos bulbos, além disso, o substrato utilizado no vaso no dia do plantio estava no ambiente externo, portanto, necessitou de um período para se aquecer e então auxiliar na brotação dos bulbos.

A fase vegetativa, entre a EM e o início de espigamento (R1) durou 60 dias ou 1.111°C dia (Figura 3). Em experimentos realizados em céu aberto em diferentes épocas em 2017 e 2018 em Curitiba, verificou-se que a fase vegetativa da cultivar Red Beauty variou entre 58 e 70 dias ou 905 e 963°C dia. A fase vegetativa é a mais longa independente do ciclo de desenvolvimento. Esta é a fase que controla a duração do ciclo de desenvolvimento, é neste momento que ocorre a emissão e expansão das folhas (STRECK et al., 2012; SCHWAB et al., 2015b).

A fase reprodutiva, R1 a R3, é a mais curta, sendo que na casa de vegetação teve duração de 11 dias ou 167°C dia (Figura 3). Essa fase é importante para avaliações de qualidade da haste floral formada e tomada de decisão do produtor quanto a comercialização, pois em R2 ou R3 pode ser realizada a colheita. Se o produtor comercializar as hastas para um mercado distante de sua propriedade, a colheita deverá ocorrer em R2, quando os três primeiros floretes da haste floral mostram a cor, do contrário, se o mercado consumidor é próximo, então a colheita poderá ser realizada em R3, ou seja, quando o primeiro florete está aberto (SCHWAB et al., 2015a).

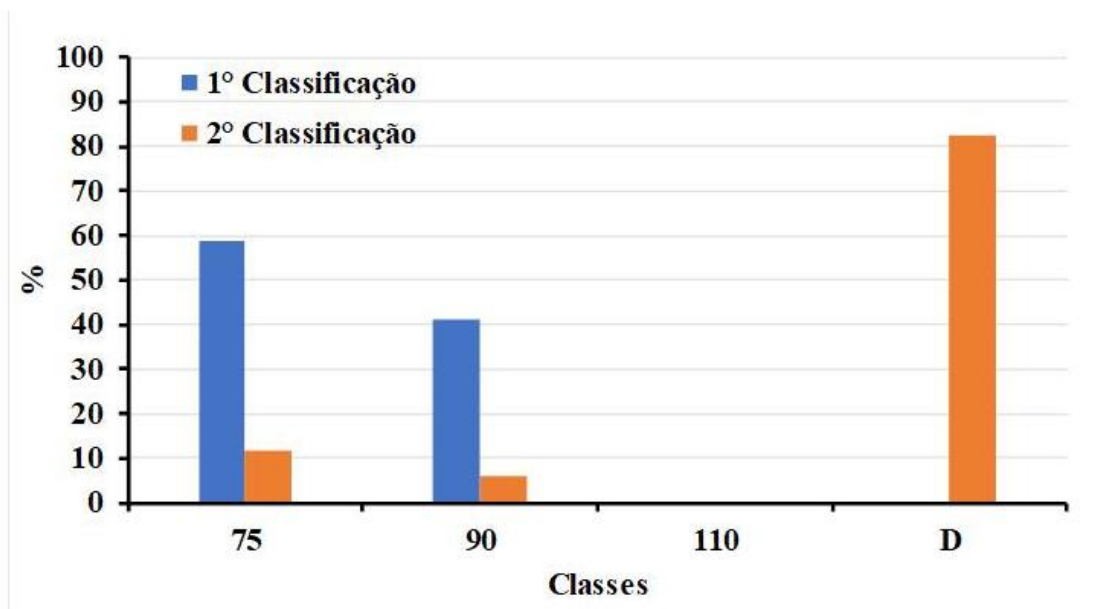
A curva de crescimento do gládio na casa de vegetação foi caracterizada pela estatura e número de folhas (Figura 4). Aos 97 dias após a emergência as plantas atingiram em média 110 cm e emitiram 7 folhas no total, com IAF médio de 2,5 por planta. A cultivar Red Beauty é caracterizada por apresentar estatura entre 97 e 110 cm, número final de folhas igual a 9 e IAF igual a 1,0 em cultivos de campo em Curitiba (STANCK et al., 2019). Diante desses resultados, verifica-se que em ambiente protegido as plantas emitem menos folhas, porém possuem IAF maior que no ambiente externo. Essa característica, pode ser explicada pela maior disponibilidade térmica, que acelera o crescimento das folhas, formando menor quantidade de células, porém células mais expandidas, determinado maior IAF e menor número de folhas. A mudança de temperatura é percebida simultaneamente em todos os componentes celulares e modulam a programação de crescimento e desenvolvimento em todo o ciclo de vida da planta, a partir de uma rede complexa de hormônios e metabólitos (BAHUGUNA E JAGADISH, 2015).



Curvas de crescimento

Figura 4: Curvas de crescimento de estatura (A) e número de folhas (B) de gladiólo cultivado em estufa em Curitiba, SC, 2018.

A qualidade das hastes florais produzidas em casa de vegetação durante o inverno de 2018 em Curitiba, SC, não atingiu os padrões estabelecidos pelo Veilling Holambra (2013). Em primeira classificação, no estágio de ponto de colheita 1 (R2), as espessuras das hastes medidas variaram de 0,6 a 0,9 cm, o comprimento total da haste entre 97,2 a 124,5 cm e o comprimento da haste floral ou pendão entre 21,5 a 54 cm, adequando-se a Classe 75 ou 90. Em experimentos em ambiente externo em 2018, a espessura da haste foi similar, o comprimento total da haste foi menor (86-103 cm) e o comprimento da haste floral não atingiu medidas inferiores a 36 cm (STANCK, 2019). No entanto, seguindo o segundo critério de classificação, em que o comprimento da haste floral deve ter no mínimo 40% do comprimento total da haste, em ambiente protegido observou-se que mais de 80% das hastes produzidas foram desclassificadas (Figura 5), por não atenderem a esse último critério. Em plantios realizados para colheita no dia dos namorados em 2018, período com temperaturas mais amenas e menor radiação solar, 30% das hastes de gladiólo foram desclassificadas devido a esse mesmo critério. Na Figura 3 pode-se observar o aspecto de haste floral de gladiólo produzida nesse experimento.



Classificação

Figura 5: Classes de comercialização de hastes florais, de acordo com Veilling Holambra (2013), para a cultivar de gladiólo Red Beauty cultivada em estufa em Curitiba, SC, 2018.

O número de floretes médio das hastes de gladiólo produzidas em estufas foi de 8 floretes por planta, inferior ao observado em céu aberto em experimentos realizados no outono de 2018 em Curitiba, em que o número médio de floretes por planta foi de 14 (dados não publicados).



Haste floral

Figura 6: Aspecto de haste floral de gladiólo da cultivar Red Beauty cultivada em estufa no inverno em Curitiba, SC, 2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Plantas de gladiolo da cultivar Red Beauty quando cultivadas em ambiente protegido tem ciclo de 71 dias ou 1.278°C dia entre a emergência e o ponto de colheita 2.

A estatura final média das plantas é de 110 cm, número final de folhas igual a 7 e IAF máximo por planta de 1,3.

A qualidade das hastes florais produzidas em casa de vegetação durante o inverno de 2018 em Curitiba, SC, não atingiu os padrões estabelecidos pelo comércio de flores do Brasil, em função de não atender o critério de que o comprimento da haste floral deve ter no mínimo 40% do comprimento total da haste.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

UNIEDU (Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina), FAPESC (Fundação de amparo à pesquisa e inovação do estado de Santa Catarina), Agência de Fomento Capes, UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), IFC (Instituto Federal Catarinense de Concórdia e Rio do Sul).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BAHUGUNA, R. N.; JAGADISH, K.S.V. Temperature regulation of plant phenological development. **Environmental and Experimental Botany**, v.111, n.1, p.83-90, 2015.

BONATTO, M. I. **Análise de riscos climáticos para o cultivo do gladiolo em Santa Catarina, sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências) Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitiba, 103p. 2019.

CALVETE, E. O.; TESSARO, F. Ambiente protegido: aspectos gerais. In: PETRY, C. (Org.). **Plantas Ornamentais: aspectos para a produção**. 2. Ed. Passo Fundo: UPF, 2008, p. 24-45.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Editores técnicos: Wreg, M.S.; Steinmetz, S.; Reisser, J., C.; Almeida, I.R. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 334p.

ISLAM, M. S.; HAQUE, A. F. M. E. Performance of gladiolus under protected cultivation in the rainy season. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 36, p. 285-290, 2011.

LIM, T.K. *Gladiolus grandiflorus*. In: LIM, T.K. **Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants**. New York: Springer, 2014, p.144-150.

PORTO, R.A. et al. Effects of water replacement levels and nitrogen fertilization on growth and production of gladiolus in a greenhouse. *Agricultural Water Management*, v131, p. 50-56, 2014.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. 2006.

PAIVA, P. D. O. et al. **Cultura do gladiolo**. Lavras: UFLA -Departamento de Agricultura, 12p. 1999.

SCHWAB, N.T. et al. Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar de gladiolo. *Bragantia*, v.73, n.2 p.97-105, 2014.

SCHWAB, N.T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. ***Annals of Applied Biology***, v.166, n.3, p.496-507, 2015a.

SCHWAB, N. T. et al. Parâmetros quantitativos de hastes florais de gladiolo conforme a data de plantio em ambiente subtropical. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v.50, n.10, p.902-911, 2015b.

SCHWAB, N. T., STRECK, N. A., UHLMANN, L. O., BECKER, C. C., RIBEIRO, B. S. M. R., LANGNER, J. A., TOMIOZZO, R. Duration of cycle and injuries due to heat and chilling in gladiolus as a function of planting dates. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 24, n. 2, p.163-173, 2018.

STANCK, L. T. Produção de flores e avaliação estrutural de folhas de gladiolo em sistemas de manejo do solo em Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Ciências) Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, 108p. 2019.

STRECK, N.A. et al. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em gladiolo. *Ciencia Rural*, v. 42, p.1968–1974, 2012.

UHLMANN, L. O. et al. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. ***European Journal of Agronomy***, v.82, n.1, p.33-49, 2017.

VEILLING HOLAMBRA. Critérios de classificação: Gladiolo corte. Cooperativa Veilling Holambra: Departamento de Qualidade e Pós-Colheita. 5 p. 2013.

WREGGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; PRELA-PÂNTANO, A.; STEINMETZ, S.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; PANDOLFO, C. Risco de ocorrência de geada na Região Centro-Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 524-553, 2018.

NECESSIDADE HÍDRICA DA SOJA PARA AS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE RIO VERDE - GO

Luiz Eduardo Viegas Molke¹; Derblai Casaroli¹; Rafael Battisti¹; José Alves Júnior¹; Adão Wagner Pêgo Evangelista¹

Autor para correspondência: luizmolke@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás

RESUMO

Goiás é o quarto maior estado produtor de soja do Brasil, principal cultura agrícola do país, sendo Rio Verde o principal município produtor da cultura no estado. Contudo, a soja é extremamente dependente das condições climáticas, sobretudo quanto à disponibilidade hídrica, apresentando período mais crítico ao déficit durante a fase de florescimento ao enchimento de grãos. Desta forma, objetivou-se determinar a aptidão hídrica da região de Rio Verde, Goiás, para a cultura da soja com base no Índice de Satisfação de Necessidade de Água. O ISNA médio entre as safras 1972/73 a 2017/18 foi de 0,81, sendo que em oito anos este valor ficou abaixo do desvio padrão. Na fase de florescimento, os valores de ISNA foram superiores a 0,65 (favorável) em ≈83% dos anos investigados, sendo apenas 4,35% dos anos os valores do $ISNA \leq 0,55$ (desfavorável). Assim, conclui-se que o município de Rio Verde é apto ao cultivo da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Soja; Demanda Hídrica; ISNA

WATER NEEDS OF SOYBEAN CROP TO EDAFOCLIMATIC CONDICTION OF RIO VERDE - GO

ABSTRACT

Goiás is a main soybean producer in Brazil, being Rio Verde the county with the greater production of this crop in that State. However, soybeans crops are highly dependent on climatic conditions, especially for water demand, which has its most critical period between the flowering and yield formation phases. The aim of this study was to determine the water needs satisfaction index (ISNA) of soybean crop, to Rio Verde region. The average ISNA values between the summer crops of 1972/73 to 2017/18 was 0.81, being that in eight years from this period the ISNA values were below the standard deviation. According to Farias (2001), a region must have its ISNA values, for the crop's critical period, above 0.65 in, at least, 80% of the years in order to be considered appropriate for the crop development. In the soybean's flowering phase, the ISNA values were above of 0.65 (favorable) in ≈83% of the years, and $ISNA \leq 0.55$ (unfavorable) only in 4.35%. Thus, the county of Rio Verde showed suitable conditions for soybean growth and development.

KEY-WORDS: Soybean; Water Demand; ISNA

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é amplamente cultivada em diversas regiões agrícolas, destinando-se para a alimentação animal e produção de óleo e de farelos (Steduto et al., 2012). Na safra 2017/2018 o Brasil produziu mais de 119 milhões de toneladas de soja, em uma área plantada de mais de 35 milhões de hectares, com produtividade média de 3.400 kg ha⁻¹ (Conab, 2019), valor superior a média mundial que é de 2.730 kg ha⁻¹ (USDA, 2019). Neste contexto, o estado de Goiás apresenta-se como o quarto maior produtor da oleaginosa do país, com uma área plantada de mais de 3,3 milhões de hectares, onde produziu mais de 11 milhões de toneladas de grãos na safra 2017/2018 (Conab, 2019). Dentre os principais municípios produtores, destaca-se Rio Verde, o qual contribui com aproximadamente 10% da área plantada no estado, tendo produzido mais de 1 milhão de toneladas de soja na última safra, sendo o principal produtor deste grão do estado (Conab, 2019).

A produção da soja, contudo, é extremamente dependente das condições climáticas, sendo essencial o entendimento das diversas variáveis climáticas e suas inter-relações com o desenvolvimento da cultura. A disponibilidade hídrica, a temperatura do ar, a radiação solar e o fotoperíodo são as principais variáveis agrometeorológicas da cultura da soja (Monteiro, 2009), sendo o déficit hídrico, normalmente, o principal fator responsável pela quebra de produtividade de lavouras (Farias, 2001). A soja possui dois períodos críticos quanto à demanda hídrica: da semeadura à emergência, e no período de enchimento de grãos (Farias, 2001). Durante a germinação o excesso hídrico acaba sendo mais prejudicial do que sua falta (Farias, 2001), porém, durante a fase de enchimento de grãos, o estresse hídrico causa um impacto negativo mais acentuado à produtividade que em qualquer outra fase do desenvolvimento da cultura (Steduto et al., 2012). O período de máximo consumo (máxima evapotranspiração) ocorre no período entre o florescimento pleno e o início da formação das vagens, representando uma necessidade diária de 8 a 9 mm dia⁻¹ de água (Steduto et al., 2012). Desta forma, para o sucesso da produção da soja, é fundamental a suplementação hídrica adequada da cultura, sobretudo nas fases de maior demanda. Sabe-se que, dos 315 mil ha destinados à cultura no município de Rio Verde, apenas 6 mil ha são equipados com sistema de irrigação (ANA, 2016), ou seja, a demanda hídrica da soja é realizada, principalmente, pela ocorrência de chuvas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar a aptidão agroclimática para a soja na região de Rio Verde–GO com base no conceito de Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA).

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para a estação de Rio Verde, Goiás (17°47'59"S; 50°54'36"W; 751 m), com médias diárias dos últimos 46 anos, entre os dias 01/01/1972 à 30/06/2018.

A aptidão da cultura da para a área foi feita com base no Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA), modelo padrão para definição de risco climático, que representa o quanto da necessidade hídrica da cultura foi suprida diariamente, obtida por meio do quociente entre evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração máxima da cultura (ETc) de uma normal climatológica.

A evapotranspiração potencial (ETo) foi estimada pelo método de Penman-Monteith. O produto entre ETo e o coeficiente de cultura (Kc) determinou a ETc para cada fase do desenvolvimento (Allen et al., 1998). A ETR foi obtida pelo cálculo do balanço hídrico sequencial de cultura, conforme proposto por Thornthwaite & Mather (1955) considerando a capacidade de água disponível fixa para o ciclo (CAD=164,89 mm), a qual foi obtida a partir dos valores de umidade na capacidade de campo e ponto de murcha permanente estimadas por funções de pedotransferência (Assad et al., 2001), que utiliza como variável de entrada a areia total do solo da área experimental (AT=30%), proveniente do Projeto RadamBrasil (Ministério das Minas e Energia, 1976). Ainda, utilizou-se uma profundidade efetiva das raízes de Ze=1,30 m (Allen et al., 1998)

Os valores de Kc foram correspondentes a cada fase de desenvolvimento da soja, agrupadas em quatro períodos: semeadura ao primeiro trifólio completamente desenvolvido (S-V2), sendo Kc=0,56; do primeiro

trifólio ao início do florescimento (V2-R1), $K_c=1,21$; do florescimento à fase de enchimento de grãos (R1-R5/R6), $K_c=1,5$; e fase de maturação (R6-R8), $K_c=0,9$ (Farias, 2001).

Com base na metodologia proposta por Farias (2001), considera-se o ISNA favorável quando maior que 0,65; intermediário entre 0,65 e 0,55; e desfavorável quando menor que 0,55. Consideram-se aptas as áreas em que o ISNA seja igual ou superior a 0,65 em pelo menos 80% dos anos analisados para o período fenológico compreendido entre a floração e o enchimento de grãos (R1-R5/R6), período mais crítico para a cultura da soja ao déficit hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) apresentaram variações ao longo das safras 1972/73 a 2017/18, observando-se um valor médio de 0,81 (Figura 1A). Ainda, os valores médios de ISNA, para diferentes fases fenológicas da soja, foram apenas numericamente diferentes (Figura 1B). Já a necessidade hídrica, dada pela evapotranspiração da cultura (ET_c) obteve médias significativamente diferentes (análise de erros), onde a maior demanda foi registrada na fase R1-R5/R6 (enchimento de grãos) (Figura 1B). As médias de ET_c da fase inicial (S-V2), vegetativa (V2-R1), florescimento e enchimento de grãos (R1-R5/R6) e maturação (R6-R8) foram iguais a 19,38, 168,97 mm, 225,2 mm e 111,55 mm, respectivamente (Figura 1B).

Verificou-se que aproximadamente 17% dos valores do ISNA foram menores que o intervalo formado pelo desvio-padrão ($\sigma = -0,138$) (Figura 1A). Isto ocorreu devido às menores precipitações (média=704,13 mm) e maiores evapotranspirações potenciais ($ET_o=454,18$ mm) (Figura 1C). Ressalta-se que a média de ET_o para o período foi de 448,34 mm ciclo⁻¹ ($\sigma \pm 14,31$ mm ciclo⁻¹).

Em safras com ISNA acima do intervalo médio dos desvios observaram-se valores de precipitação e ET_o próximos à média. Na Figura 1D são demonstradas a análise de frequência para diferentes intervalos de classes do ISNA, e assim, dentro dos intervalos propostos por Farias (2001), verificou-se que em 82,61% dos anos o $ISNA \geq 0,65$, em 13,04% $0,55 \leq ISNA < 0,65$, e em apenas 4,35% o $ISNA < 0,55$.

Para Martorano et al. (2009), o valor médio do ISNA obtido para as condições edafoclimáticas de Rio Verde, para o ano de 2009, foi de 0,94. Ao ser confrontado com os resultados desta pesquisa (ISNA = 0,81), observa-se uma diferença, porém ainda se mantém dentro dos intervalos médios do desvio-padrão.

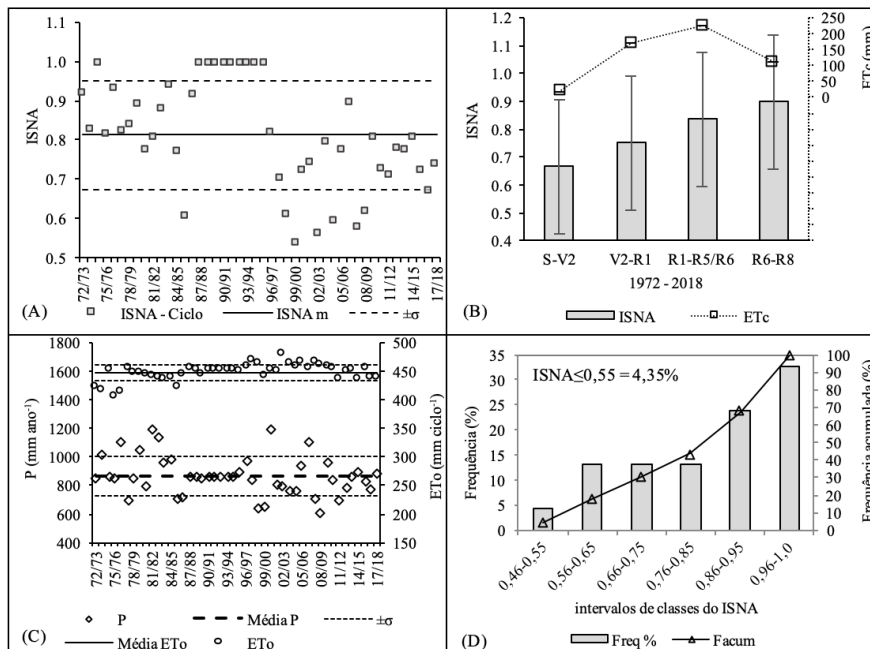


Figura 1: Índice de Satisfação da Necessidade de Água para a cultura da soja, por ciclo de cada ano-safra (A) e para cada fase de desenvolvimento, além da evapotranspiração potencial da soja ET_c (B). Precipitação pluviométrica (P) e evapotranspirações de referência (ET_o) por ciclo (C). Frequência de ocorrência por classe do ISNA e frequência acumulada para a fase crítica da soja (D).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A região do município de Rio Verde, Goiás, é apta ao cultivo da soja, sendo o ISNA favorável em mais de 80% dos anos analisados, sendo desfavorável em apenas 4,35% dos anos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, G.R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 1998, 300 p.

ANA; EMBRAPA. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014:** Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>> Acesso em: 29 maio 2019.

ASSAD, M.L.L.; SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; ZULLO, J. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.588-596, 2001.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira:** grãos, v.6 Safra 2018/19 – Quarto levantamento, Brasília: Conab, 2019.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.415-421, 2001.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University. Depto. of Science and Technology, 1977. 11p.

MAPA. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**, 2019. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>> Acesso em: 02 abril 2019.

MARTORANO, L.G.; TAVERES, H.; SCHULER, A.; MEIRELLES, M.S.P.; VALENCIA, L.I.O.; SANTOS, F.L. DE O.; LISBOA, L.; TEIXEIRA, F.A.; PEREIRA, S.; FERRAZ, R.D.; MONTEIRO, J.G.; TURETTA, A.P.; COUTINHO, H.L. *SIAT-TTC design and architecture, Sustainability Impact Assessment Tool prototype: demonstration tool at TTC-level, for MERCOSUR*. Deliverable, 8.4.2b. Rio de Janeiro, 2009. 126p.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1976.

MONTEIRO, J.E. **Agrometeorologia dos Cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. 1 ed. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.

STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage Paper 66, 2012, 503 p.

USDA. **World Agricultural Production**. Foreign Agricultural Service, march 2019. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em: 02 abril 2019.

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM ANOS CHUVOSOS NA BACIA DO MEARIM DO ESTADO DO MARANHÃO

Keliane Paiva da Silva¹; Lucilara Rodrigues Mendes¹; Mário Augusto Pereira Júnior¹; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes¹

Autor para correspondência: kelyane.paiva@gmail.com

¹UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Mearim possui uma área de 99.058,68 km², correspondendo a maior entre todas as bacias hidrográficas do Estado. A Bacia do Mearim vem sofrendo com enchentes no período chuvoso, uma vez que ocorre ocupação irregular de áreas planas e próximas a rios. Essa Bacia também vem sofrendo constantes problemas ambientais como a salinização, o assoreamento do seu leito, o abandono de meandros e a devastação da mata ciliar. Em função disso, o presente estudo teve por objetivo verificar o potencial hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim no período chuvoso. Para realização do mapeamento, foram utilizados dados de chuva obtidos a partir da Agência Nacional das Águas – ANA, e dados de temperatura, a partir dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e a Capacidade de Água Disponível – CAD. Os dados foram organizados em planilha utilizando o software Excel, onde foram contabilizados os totais para cada trimestre no decorrer de janeiro a dezembro, assim como também, os totais anuais. Com os dados tabelados, foram gerados os mapas utilizando o software Surfer 7.0, após os gráficos finalizados, passaram pelo processo de identificação dos locais, sendo personalizados, identificando a longitude, latitude, escala da cor, e qual situação estavam ocorrendo em mapa gerado. Os dados trabalhados são referentes a 30 anos de análise no período chuvoso. Onde foi observado que nos primeiros semestres do ano houve acúmulo de água maior e pouca deficiência hídrica quando comparada com o segundo semestre onde o acúmulo de água foi menor e a deficiência maior. No norte da bacia houve maior precipitação durante todos os períodos do ano, e mesmo com grande precipitação houve a maior perda de déficit hídrico na região da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico; Deficiência hídrica; Excesso hídrico

KEY-WORDS: Hydric balance; water deficiency; water excess

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem é resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

Pelo caráter integrador, Guerra e Cunha (1996) citaram que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa óptica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza, podendo dessa forma, planejar e gerenciar, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade.

As bacias hidrográficas do Estado do Maranhão apresentam grandes importâncias hidrológicas, ecológicas, econômicas e sociais; ocupando uma área territorial de 325.650 km². Embora apresente alto potencial de navegabilidade, é pouco aproveitada, pois as hidrovias pertencentes a estas bacias encontram-se desvinculadas dos grandes mercados econômicos (MARANHÃO, 2000).

A bacia hidrográfica do Rio Mearim ocupa uma considerável área da região centro-norte do estado do Maranhão, compreendendo uma área de 56.200km², o que representa 17,3% das terras do Maranhão, constituindo-se na maior bacia fluvial inteiramente maranhense (MARANHÃO, 2000).

Apesar de grande disponibilidade hídrica no estado, tem-se observado nos últimos anos, a ocorrência de sérios problemas ambientais nos corpos d'água das suas principais bacias, com problemas causados pela ação antrópica provocado pelo uso e manejo inadequados dos solos e ausência de práticas agroecológicas que possam melhorar a fluência e qualidade da água dos rios, que leva ao comprometimento dos corpos d'água. Em 1998 foi observada uma alta taxa de desflorestamento de 1.012 km² brutos, causando impactos significativos nas bacias maranhenses (BRASIL, 2002).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim durante anos considerados chuvosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Mearim, localizada no estado do Maranhão, com uma altitude entre 400 a 500 metros acima do nível do mar e com 930 km de extensão, nasce na Serra da Menina e desaguando na Baía de São Marcos, entre os municípios de São Luís e Alcântara. Foram utilizados dados médios mensais (1987-2016) de chuva, obtidos do acervo da Agência Nacional das Águas – ANA, e dados mensais de temperatura do ar, obtidos do acervo do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Para a homogeneização dos dados mensais de precipitação pluvial foi aplicado o método da ponderação regional, com o intuito de preencher as falhas na série histórica de dados. O método utiliza as estações próximas e pertencentes a uma região homogênea para estimar o valor faltante, conforme descrito na expressão (1).

$$P_f = 1/3(P_1/P_{1m} + P_2/P_{2m} + P_3/P_{3m})P_fM$$

Onde:

P_f – Precipitação faltante;

P₁, P₂, P₃ - Precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja corrigir a falha nas 3 estações vizinhas e pertencentes a mesma região homogênea;

P_{1M}, P_{2M}, P_{3M} – Precipitação média histórica nas estações vizinhas correspondentes ao mês ou ano que se deseja corrigir a falha;

P_{fM} – Média histórica da estação que se deseja corrigir a falha para o correspondente mês ou ano que deseja corrigir a falha.

Para analisar a consistência dos dados pluviométricos, foi empregado o Método da Dupla Massa cuja principal finalidade é identificar possíveis mudanças no comportamento da série de precipitação ao longo do tempo (mês ou ano), ou mesmo no local onde são realizadas as observações.

Inicialmente, os postos pluviométricos foram enquadrados dentro de regiões homogêneas (MENEZES, 2009), onde foi identificado o posto que sirva de referência (posto confiável) para a análise do posto a ser consistido. Os totais pluviométricos foram acumulados para cada posto em seus valores mensais ou anuais e plotados em um gráfico cartesiano, onde os valores acumulados correspondentes ao posto a consistir nas

ordenadas e os do posto confiável, adotado como comparação, nas abscissas. Os valores inconsistentes foram corrigidos de acordo com a expressão (2).

$$P_{corr} = P_{acum} + (M_a/M_o) * \Delta P_o \quad (2)$$

Onde:

P_{corr} - precipitação acumulada após o ajuste a tendência desejada;

P_{acum} - valor da ordenada correspondente à interseção das duas tendências;

M_a - coeficiente angular da tendência desejada;

M_o - coeficiente angular da tendência a corrigir;

ΔP_o - resposta da diferença $P_o - P_a$, onde P_o é o valor acumulado a ser corrigido, e P_a é o valor acumulado da tendência desejada.

Para a construção dos cenários prospectivos, que define anos secos, normais e chuvosos, os dados de chuva foram submetidos à análise de frequência e teste de normalidade. O teste foi aplicado aos totais anuais de precipitação pluvial para cada localidade, sendo constatado o ajuste aproximado dos dados a distribuição normal, verificado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 95%, sendo esta utilizada na definição dos anos secos, normais e chuvosos. Foi definida a probabilidade de 25% para a definição de anos secos e 75% para anos chuvosos, o intervalo entre esses dois níveis de probabilidade consiste em anos normais ou regulares com relação aos totais anuais de chuvas.

A partir dos dados de chuva e evapotranspiração potencial, estimada com base nos dados de temperatura do ar pelo método de Thornthwaite (1948), para os anos chuvosos, foi determinado as componentes do balanço hídrico climático (excesso e deficiência hídrica) utilizando o critério proposto por Thornthwaite e Mather (1955), para Capacidade de Água Disponível-CAD de 100 mm.

Dessa forma, os dados foram organizados em planilha utilizando o software Excel, onde foi contabilizado os totais de excesso e deficiência hídrica trimestrais, assim como também, os totais anuais. Com os dados tabelados, foram gerado os mapas utilizando o software Surfer 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que há menor disponibilidade hídrica na nascente e maior na foz da bacia. Na nascente (Sul da bacia) os totais pluviométricos não atendem a demanda exigida pela evapotranspiração potencial, correspondendo a uma redução de 600 mm, enquanto que na foz (Norte da bacia) os totais pluviométricos são superiores a evapotranspiração potencial, podendo chegar a 1800 mm, Figura 1.

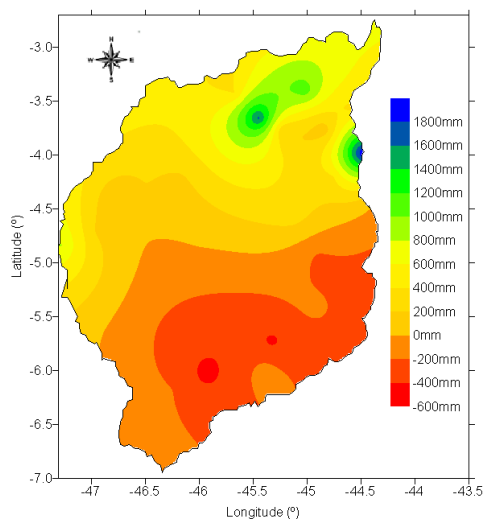
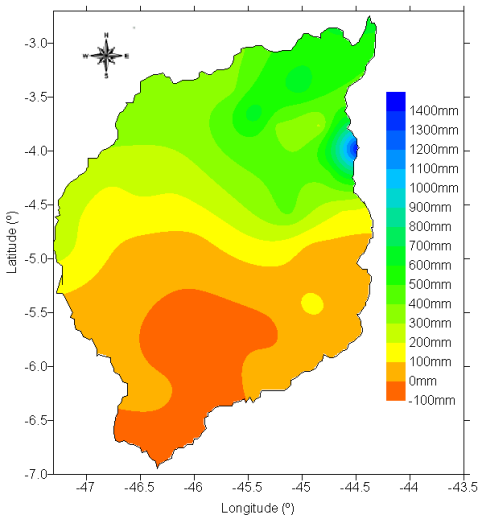
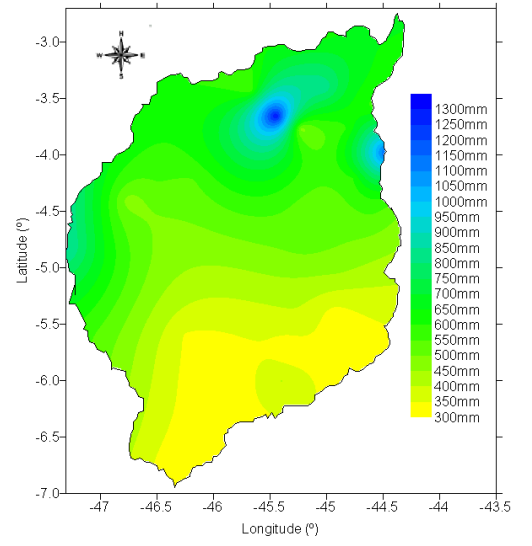


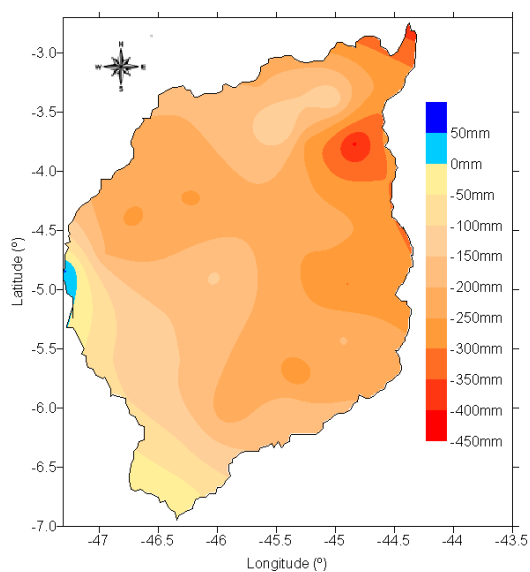
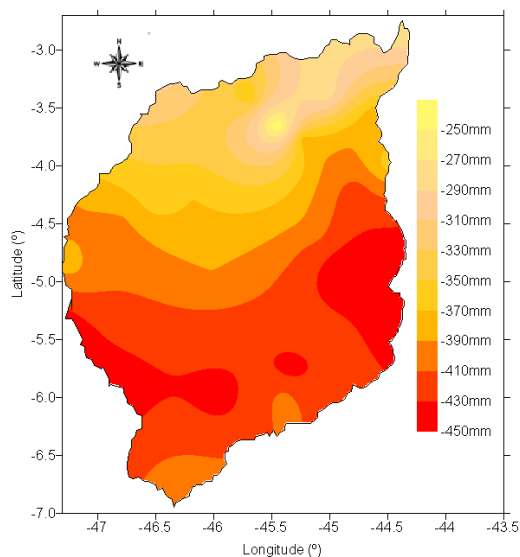
Figura 1: Disponibilidade hídrica anual em anos chuvosos na Bacia do Mearim-MA

A distribuição dos totais anuais ao longo do ano por trimestre está representada na Figura 2. No trimestre janeiro-fevereiro-março (JFM), Figura 2a, a bacia recebe os maiores volumes de chuvas com totais predominantemente superiores a evapotranspiração potencial, com totais variando entre 300 mm, no Sul da bacia e 1300 mm, no Norte da bacia. No trimestre abril, maio e junho (AMJ), Figura 2b, a disponibilidade hídrica reduz no Sul da bacia, ou seja, os totais pluviométricos não atendem a demanda exigida pela evapotranspiração potencial, correspondendo a uma redução de até 100 mm. Por outro lado, a parte Norte da bacia ainda permanece com boa disponibilidade hídrica com totais pluviométricos superiores a evapotranspiração potencial de até 1400 mm. O trimestre mais seco da bacia corresponde a julho-agosto-setembro (JAS), quando a disponibilidade hídrica reduz consideravelmente em decorrência da redução das chuvas e elevada perda de água por evapotranspiração potencial, variando de -450 mm no Centro-Sul da bacia a -250 mm no Centro-Norte da bacia, conforme observado na Figura 2c. Há uma ligeira melhora na disponibilidade hídrica no trimestre outubro-novembro-dezembro (OND), Figura 2d, porém ainda com valores negativos, exceto em uma pequena porção no Oeste da bacia. Neste trimestre observa-se ainda uma inversão na disponibilidade hídrica, na parte Sul mesmo ainda negativa, começa a haver reposição de água em decorrência do início das chuvas, por outro lado, na parte Norte as perdas de águas ainda são elevadas, pois a região continua em sua época seca.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 2: Disponibilidade hídrica em anos chuvosos na Bacia do Mearim-MA: a) JFM, b) AMJ, c) JAS e d) OND

A variabilidade da disponibilidade hídrica está associada à extensão latitudinal da bacia hidrográfica do Mearim, o que contribui para a incursão de diferentes sistemas produtores de chuvas que atuam em épocas diferentes e com intensidades variáveis. No Norte atua a Zona de Convergência Intertropical, predominando principalmente entre os meses de fevereiro e maio, por outro lado, o Sul da bacia recebe influencia da Zona de Convergência do Atlântico Sul, predominando principalmente de outubro a janeiro.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A disponibilidade hídrica na região da bacia hidrográfica do Mearim, mesmo em anos chuvosos, é variável ao longo do ano com dois períodos distintos: um com boa disponibilidade água, com totais pluviométricos elevados em relação às perdas de água por evapotranspiração e outro seco, com baixa disponibilidade de água, onde as chuvas não são suficientes para atender a demanda exigida pela evapotranspiração. Isso ocorre devido a atuação de diferentes sistemas produtores de chuva e sua extensão latitudinal.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

UEMA - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRASIL Agência Nacional das Águas. A Evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Edição Comemorativa do dia Mundial da Água**. Brasília, 2002, 64p.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. P. 337-339.

MARANHÃO Gerencia de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento. **Atlas do Maranhão**. São Luís, 2000. 36p.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate.

Geographical Review, v.38, n.1, 1948, pp. 55-94.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J, R. **The water balance**. Centerton, N. J. 1955, 104 p.(Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

CONDIÇÕES TÉRMICAS DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO DO PARANÁ PARA O CULTIVO DA MELANCIA

Alan Carlos Martelócio¹; Nathan Felipe da Silva Caldana²; Evandro João Rodrigues³; Geovanna Cristina Zaro Costa^{1,3}; Paulo Henrique Caramori¹

Autor para correspondência: amartelocio@agronomo.eng.br

¹Instituto Agronômico do Paraná; ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná; ³Universidade Estadual de Londrina

RESUMO

A melancia é uma espécie de clima tropical e, portanto, se desenvolve satisfatoriamente em climas quentes, sendo a temperatura o elemento mais importante para a cultura. O objetivo deste trabalho foi analisar as condições térmicas da mesorregião norte pioneiro do Paraná durante o ano para o cultivo da melancia. Foram utilizados dados de temperatura de 1976 a 2018 de quatro estações meteorológicas do Instituto Agronômico do Paraná distribuídas na região. Os dados foram transferidos para o Sistema de Informação Geográfica Qgis e interpolados utilizando o método Inverse distance weighted (IDW). As porções leste e sul têm as menores temperaturas, enquanto a porção Oeste e Norte as maiores, acompanhadas de diferenças no relevo. A semeadura é possível a partir de setembro, quando ocorre elevação das temperaturas acima do mínimo crítico para a cultura. O ciclo deve se completar até o mês de abril, quando as temperaturas ainda permanecem dentro dos limites adequados.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura; Risco Climático; Zoneamento

THERMAL CONDITIONS OF THE NORTHERN PIONEER REGION OF PARANÁ, BRAZIL, FOR THE CULTIVATION OF WATERMELON

ABSTRACT

Watermelon is a species of tropical climate and therefore develops satisfactorily in warm climates, with the temperature being the most important element for this crop. The objective of this work was to analyze the thermal conditions during the year in the Northern Pioneer Mesoregion of Paraná state, Brazil, for the cultivation of watermelon. Temperature data from 1976 to 2018 were used from four meteorological stations of the Instituto Agronômico do Paraná, distributed in the region. The data were transferred to the Qgis Geographic Information System and interpolated using the Inverse distance weighted (IDW) method. The eastern and southern portion has the lowest temperatures, while the western and northern portion the highest, associated with differences in relief. Sowing is possible from September when temperatures rise above the critical minimum for the crop. The cycle should be completed by the month of April when temperatures remain within the appropriate limits.

KEY-WORDS: Temperature; Climatic Risk; Zoning

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos mais importantes que afetam o desenvolvimento das plantas cultivadas. No estado do Paraná, está condicionada a vários fatores, como o relevo e a sua variabilidade pela localização de transição climática. A região norte apresenta clima tropical com invernos

amenos, e uma condição que se aproxima dos climas temperados ao sul nas áreas mais elevadas. Eventos extremos de temperatura causam danos irreversíveis à maioria das plantas anuais (NITSCHKE et al., 2019).

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) é uma planta de clima tropical, sendo originária do continente africano. Para seu pleno desenvolvimento necessita de condições de clima seco e quente, de dias longos e de baixa umidade relativa do ar. Temperaturas abaixo de 12°C comprometem o crescimento vegetativo da melancia, que é extremamente sensível a geadas (COSTA e LEITE, 2002; MEDEIROS, 2007).

A faixa de temperaturas entre 23 a 28°C é ótima para o desenvolvimento da melancia. Contudo, a maioria das regiões que cultivam melancia o fazem apenas em uma época (primavera-verão) devido às limitações climáticas (COSTA e LEITE, 2002; TRENTIM et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2015).

O Paraná carece de estudos climáticos relacionados ao cultivo da melancia. Fomentar informações que demonstrem o potencial de produtividade desta cultura é um dos caminhos para expandir a área de cultivo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi analisar a variável meteorológica temperatura para a cultura da melancia na Mesorregião Norte Pioneira do Paraná (MRNPP), utilizando dados de temperatura do ar de 1976 a 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo - A MRNPP abrange uma área de 15.727 km². Grande parte de sua área é dominada pela atividade agrícola decorrente da boa fertilidade dos solos, relevo e clima. O clima é de transição, com classificação do tipo “Cfa” (subtropical, sem estação seca e verão quente) conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual da mesorregião é de 20,1 a 22°C (NITSCHKE et al., 2019).

Dados de temperatura- Para a caracterização da temperatura na região, foram utilizados dados de oito estações meteorológicas distribuídas na região ou em suas proximidades (Figura 01) do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) com recorte temporal distinto, sendo estas: Bandeirantes (1976-2018), Bela Vista do Paraíso (1972-2015), Cambará (1957-2010), Ibiporã (1973-2014) e Joaquim Távora (1972-2015), Londrina (1976-2018) e Mauá da Serra (1979-1991).

A distribuição espacial dos dados de temperatura foi obtida por meio de interpolação utilizando o método *Inverse distance weighted* (IDW), com o auxílio do *Software Qgis*.

Os dados pontuais das estações meteorológicas foram inseridos no *Software Qgis* e transformados em um arquivo tipo *raster*, com o auxílio do interpolador IDW. Este novo arquivo exibe uma superfície regular ajustada a estes dados pontuais de interesse com *pixel* de resolução espacial de 1 km por 1 km. Posteriormente foram geradas isolinhas e seus valores para melhor visualização das áreas com temperatura similar. Para identificar as possíveis épocas de cultivo, foram separadas as temperaturas médias mínimas mensais. As máximas médias mensais foram agrupadas por semestres móveis. Foram elaborados gráficos utilizando o *Software Statistica*®. Para isso, foram selecionadas as quatro estações que estão localizadas dentro da MRNPP (Bandeirantes, Cambará, Ibiporã e Joaquim Távora).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mesorregião apresenta discrepâncias ao longo de sua extensão (Figura 01). As regiões localizadas ao norte obtiveram os maiores registros do elemento, variando de 21.7 a 21.4°C, enquanto a porção Sul, com as menores temperaturas, registrou entre 20.4 a 19.4°C. Essas diferenças mostram que as temperaturas se elevam de sul para norte, sem nenhuma oscilação. Essa disparidade pode ser justificada pelas variações da altitude, sendo esta uma condicionadora do elemento.

O regime térmico anual da Mesorregião Norte Pioneiro não atende os requisitos básicos de desenvolvimento e crescimento da planta de melancia. Avaliando essa condição, a cultura poderá passar por perturbações fisiológicas, desde o plantio até a formação do fruto, pois requer temperaturas mais elevadas, mesmo considerando as médias.

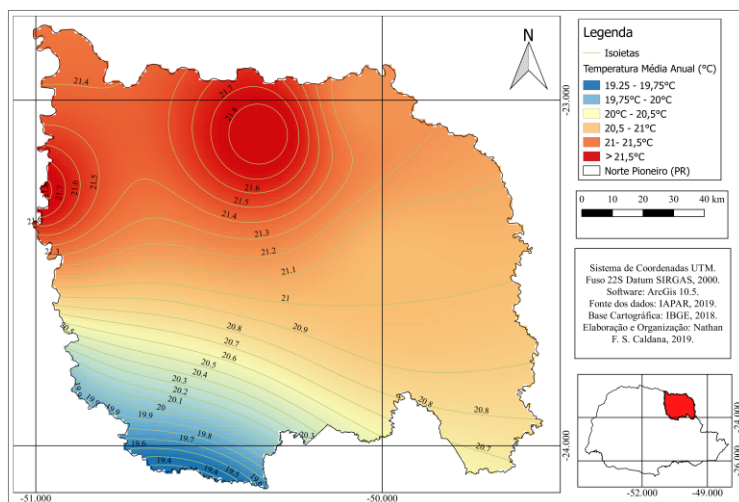


Figura 1: Temperatura Média Anual na Mesorregião Norte Central do Paraná. (Fonte: IAPAR; Org.: autores, 2019).

Analisando a temperatura mínima mensal, observa-se o padrão típico sazonal, com maiores temperaturas mínimas médias no verão e menores no inverno. Em todas as estações, julho foi o mês que registrou as menores temperaturas, sendo aproximadamente 11°C na estação de Cambará o menor registro. Fevereiro apresentou as maiores temperaturas das mínimas analisada, com médias acima de 20°C em Ibiporã e Bandeirantes.

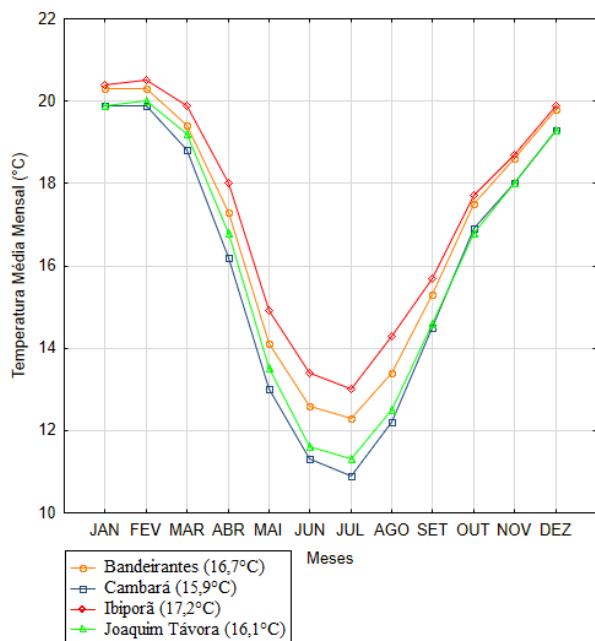


Figura 2: Temperatura mínima média mensal (Org.: autores, 2019).

As temperaturas médias das máximas em semestres móveis (Figura 03) acompanham as variações das mínimas. Considerando essa análise, toda a região apresenta condições térmicas ideais ao cultivo. A estação de Bandeirantes registrou as maiores médias, acompanhada de perto da estação de Cambará. O semestre móvel de Abril a Setembro obteve as menores médias das temperaturas máximas, sendo períodos críticos para o cultivo.

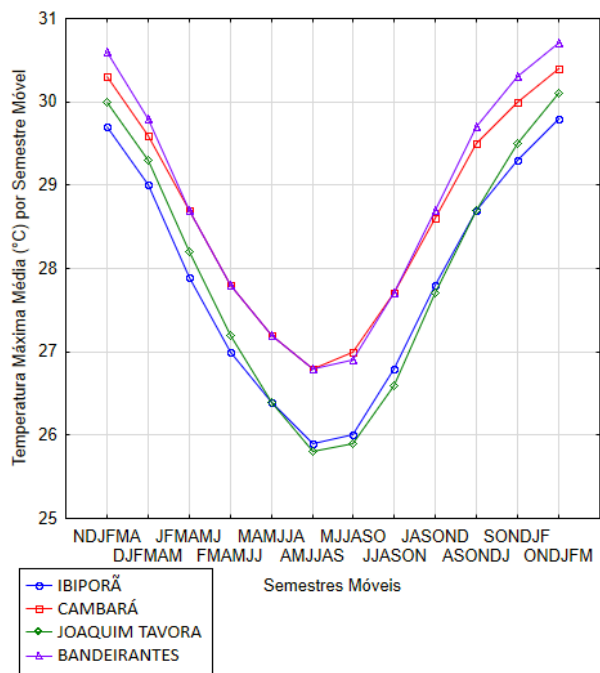


Figura 3: Temperatura máxima média mensal por semestres móveis (Org.: autores, 2019).

De maneira geral, é possível observar que as temperaturas médias máximas agrupadas em semestres garantem aptidão ao cultivo da melancia, porém, o cultivo nos meses do outono e inverno é inviável devido às baixas temperaturas, inclusive com risco de geadas (CARAMORI et al., 2001). A partir de setembro há possibilidade do cultivo com o início da estação chuvosa (PEREIRA et al., 2008). São necessários estudos mais detalhados envolvendo, além da temperatura, as necessidades hídricas da cultura na região.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A Mesorregião Norte Pioneira apresenta condições térmicas para o cultivo da melancia de setembro a abril. As baixas temperaturas e o risco de geadas no outono/inverno restringem o cultivo nesta época do ano na região.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARAMORI, P H, et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p. 486 - 494, 2001. Disponível em: < <http://sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/1485.pdf>> Acesso em 18 de Maio de 2019.

COSTA, N. D.; LEITE, W. de M. **Cultivo da melancia**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido. Não paginado. Apostila. Trabalho apresentado no VIII Curso Internacional de Produção de Hortaliças, 2002. Disponível em: < <http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/O%20cultivo%20da%20Melancia.pdf>> Acesso em 08 de Maio de 2019.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), **Censo Demográfico: Brasil, 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: < <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>> Acesso em 21 de maio de 2019.

MEDEIROS, R. D. Cultura da melancia em Roraima. **Embrapa Informação Tecnológica**, 2007. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142840/1/CPAF-RR-2016-Cartilha-cultivo-melancia-.pdf>>. Acesso em 23 de Maio de 2019.

NITSCHKE, P. R. et al. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Instituto Agrônomo do Paraná. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 21 de maio de 2019.

OLIVEIRA, J. B. et al. Rendimento e qualidade de frutos de melancia em diferentes épocas de plantio. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 19-25, 2015. Disponível em: < <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3324>> Acesso em 23 de Maio de 2019.

PEREIRA, L. M. P. et al. Determinação do início e término da estação chuvosa no estado do Paraná. **Revista Geografar**, v.3, p. 01 - 12, 2008. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/13586> > Acesso em 23 de Maio de 2019.

TRENTIN, R. et al. Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, 2008. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-84782008005000016&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em 15 de Maio de 2019.

RISCO CLIMÁTICO PARA O MILHO SAFRINHA ASSOCIADOS À COMPACTAÇÃO DO SOLO EM LONDRINA / PR

Evandro João Rodrigues¹; Paulo Henrique Caramori²; Pablo Ricardo Nitsche²; Marcelo Augusto de Aguiar e Silva³; Alan Carlos Martelócio⁴

Autor para correspondência: evandro_agro@hotmail.com

¹Doutorando na Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, PR; ²Pesquisador no Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Londrina, PR.; ³Professor na Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, PR.; ⁴Mestrando no Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Londrina, PR.; ⁵Mestrando na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Londrina, PR.

RESUMO

O manejo apropriado do solo é fundamental para obter boas produtividades das culturas, em especial para o milho safrinha devido a redução nas precipitações que são características da época do ano. Porém, práticas como a sucessão de cultura soja e milho safrinha tem provocado compactação no perfil do solo, com consequências negativas para o desenvolvimento radicular. O objetivo deste trabalho foi simular o risco de déficit hídrico em Londrina/PR, para a cultura do milho safrinha em diferentes condições de compactação do solo. Com dados experimentais de desenvolvimento de raízes de milho no solo da região e seus respectivos valores de resistência a penetração, foi possível gerar os valores de capacidade de água disponível (CAD) dos manejos em estudo. Foi considerado estresse hídrico quando $ETR/ETP < 0,6$ nos estádios fenológicos de pendramento a grãos leitoso, considerados críticos. Foram realizados os balanços hídricos de 1976 até 2018, a fim de observar o percentual de perda de safras em cada sistema de manejo. A semeadura direta foi o tratamento com menor CAD, com 55 mm, resultando em riscos acima de 20% para o cultivo do milho safrinha para o município. A escarificação e o preparo convencional com gradagens tiveram CAD de 80 e 98 mm respectivamente, sendo todos os decêndios recomendados para o cultivo. Foi possível demonstrar os sérios problemas de desenvolvimento radicular associados à compactação do solo, ocasionados pela sucessão soja-milho safrinha sem observar os princípios para se conduzir o plantio direto de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico; Zoneamento climático; Sucessão de culturas

CLIMATE RISK FOR MAIZE SECOND SEASON ASSOCIATED WITH SOIL COMPACTION IN LONDRINA / PR, BRAZIL

ABSTRACT

Appropriate soil management is essential to obtain good yields of crops, especially for the safflower corn due to the reduction in the precipitations that are characteristic of the time of year. However, practices such as the succession of soybeans and maize crop have caused compaction in the soil profile, with negative consequences for root development. The objective of this work was to simulate the risk of water deficit in Londrina / PR, for the safflower corn crop in different compaction conditions of the soil. With experimental data on the development of corn roots in the soil of the region and their respective values of resistance to penetration, it was possible to generate the available water capacity (CAD) values of the systems under study. Water stress was considered when $ETR / ETP < 0.6$, from the phenological stages of tasseling to milky grains, considered as critical. Water balances were carried out from 1976 to 2018, in order to observe the percentage of crop losses in each management system. The direct sowing was the treatment with lower CAD, with 55 mm, resulting in risks above 20% for the cultivation of the corn crop for the municipality. The scarification and the conventional preparation with harrows had CAD of 80 and 98 mm respectively, all the

decans being recommended for cultivation. It was possible to demonstrate the serious root development problems associated with soil compaction caused by the soybean-corn succession without observing the principles for conducting direct no-tillage.

KEY-WORDS: Water balance; Climatic zoning; Succession of crops

INTRODUÇÃO

O manejo do solo é uma medida fundamental para a obtenção de êxito no desenvolvimento e produção da cultura do milho safrinha. Uns dos fatores principais que o bom manejo favorece é o aprofundamento do sistema radicular, que irá favorecer à cultura o abastecimento hídrico em períodos de estiagens, que é uns dos principais fatores limitantes de produção do milho safrinha.

A forma de se obter um bom desenvolvimento do sistema radicular segundo Franchini et al. (2009) é ter boas condições físicas, químicas e biológicas no solo. Estas condições são possíveis com um plantio direto de qualidade. Porém nas regiões que cultiva soja no verão e milho no inverno, o plantio direto está saindo dos seus princípios básicos, perdendo-se o princípio da rotação de culturas para a sucessão de culturas.

Com isto a compactação do solo é um fator agravante neste cenário, perdendo o efeito da escarificação biológica que a rotação de culturas oferece, potencializando a continuidade do processo de fluxo de água nutrientes, gases, temperatura, favorecendo o desenvolvimento radicular e produtivo das culturas (MORAES et al., 2016).

Desta forma surge a hipótese que a sucessão soja e milho safrinha causa compactação prejudicial ao desenvolvimento radicular da cultura do milho, aumentando os riscos climáticos da cultura quando comparado com um solo de menor compactação.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi simular o risco climático de déficit hídrico em Londrina/PR, para a cultura do milho safrinha em diferentes condições de compactação do solo e épocas de semeadura.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises de profundidade do sistema radicular e de compactação do solo foram realizadas em Primeiro de Maio/PR, no ano de 2017 (RODRIGUES et al., 2017), em um Latossolo Vermelho distroférrico típico (EMBRAPA, 2013), de textura argilosa.

Os sistemas avaliados foram semeadura direta em um solo de sucessão soja e milho safrinha por 10 anos (SC), solo escarificado (EC) e preparo convencional (CV) em que o solo foi revolvido três vezes por meio de gradagens.

Os valores de ISNA (Índice de Satisfação das Necessidades de Água) Evapotranspiração real / Evapotranspiração potencial (ETR/ETP) foram resultantes do método do balanço hídrico conforme Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) em planilhas no ambiente EXCELTM, segundo metodologia de Thornthwaite e Mather (1955).

Os cálculos foram realizados com os dados da série histórica climática do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) de 43 anos, de 1976 a 2018, considerando as seguintes datas de semeadura por decêndios: 01/Fev, 11/Fev, 21/Fev, 01/Mar, 11/Mar, 21/Mar, 01/Abr e 11/Abr. Estas são as épocas mais comuns de semeadura do milho safrinha em Londrina/PR, com exceção dos decêndios de 21/Mar, 01/Abr e 10/Abr que extrapolam a data do limite do zoneamento de risco climático da região.

A capacidade de água disponível (CAD) foi determinada pela profundidade do sistema radicular encontrada nos diferentes manejos, considerando o valor de água disponível de 10%, segundo Faria e Caramori (1986).

Foi calculada a frequência da relação ETR/ETP < 0,6 do estágio de florescimento até grãos leitoso, que é considerada a fase crítica da cultura. Como a cultivar Status Viptera 3 (Syngenta) usada no estudo possui ciclo precoce, com base em observações de campo, após a emergência foram considerados 60 dias para atingir o estágio de pendramento e mais 20 dias para o estágio de grão leitoso.

De acordo com a metodologia do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) quando a relação abaixo de 0,6 ocorre acima de 20% nos anos em estudo o decêndio não é recomendado. Se todos os decêndios estiverem acima deste nível o município é considerado inapto para o cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de Rodrigues et al. (2017) para estabelecer a profundidade do sistema radicular com e sem impedimentos devido à compactação das camadas superficiais são sintetizados nas Tabelas 1 e 2. Neste estudo ficou evidente que o milho tem potencial para aprofundar as raízes, mas isto não ocorre devido às más condições de manejo.

Tabela 1: Profundidade do sistema radicular do milho safrinha (m) em sucessão com soja por dez anos. SC = semeadura direta, EC = solo escarificado, CV = preparo com três gradagens.

SC	EC	CV
0,55 b	0,80 a	0,98 a

Teste de Tukey: letras iguais às médias não diferem entre si, letras diferentes diferem.

Fonte: Rodrigues et al. (2017)

Tabela 2: Valores médios de resistência à penetração (MPa) em duas profundidades do solo, em sucessão milho safrinha com soja por dez anos. SC = semeadura direta, EC = solo escarificado, CV = preparo com três gradagens, em três sistemas de manejos.

Profundidades	SC	EC	CV
0,0 – 0,2 m	1,91	1,12	0,86
0,2 – 0,6 m	2,72	2,68	1,87

Fonte: Rodrigues et al. (2017)

Ao contrário do que se esperaria em um sistema de plantio direto de qualidade, o solo com SC foi o que teve maior compactação, tanto na camada superficial como na subsuperficial, seguido de menor compactação em EC e CV respectivamente. O aprofundamento do sistema radicular foi proporcional ao grau de compactação proporcionado pelos manejos. Quanto mais descompactado foi o solo, como o exemplo do manejo convencional, mais aprofundou o sistema radicular.

Com os diferentes manejos do solo e os resultados do estudo da profundidade do sistema radicular obtiveram-se diferentes valores de CAD, sendo SC 55mm, EC 80mm e CV 98mm. A Figura 1 apresenta os

resultados das simulações dos balanços hídricos com o percentual de déficit hídrico nas fases críticas da cultura do milho safrinha.

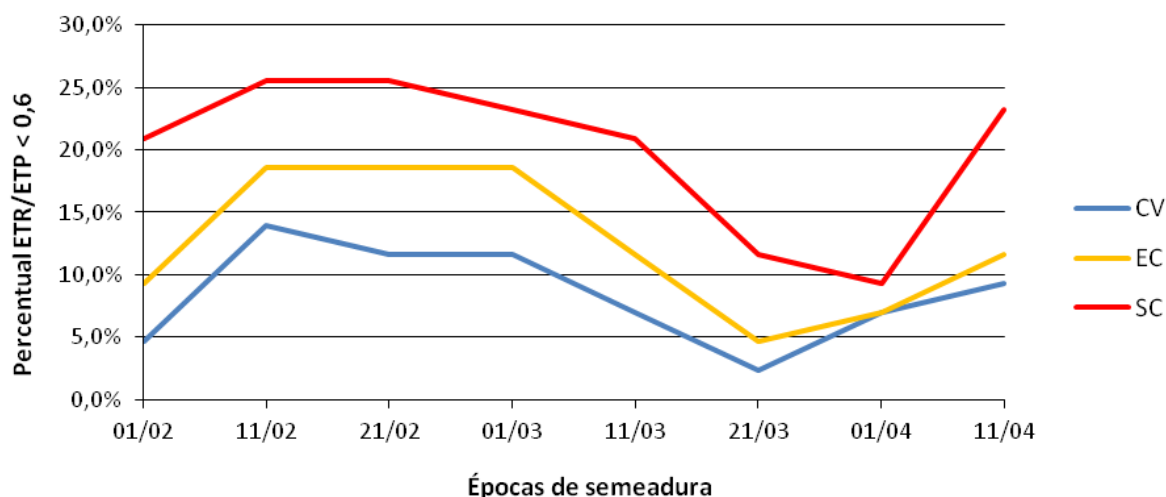


Figura 1: Percentual de ocorrência de déficit hídrico nas fases críticas da cultura do milho safrinha de 1976 até 2018.

Analisando a Figura 1 podemos observar que no SC todos os decêndios de plantio que estão dentro do zoneamento climático para o município seriam inaptos para o cultivo por apresentar risco de deficiência hídrica superior a 20%. Apenas os decêndios de 21/03 e 01/04 possuem riscos abaixo de 20%, mas tais decêndios não são recomendados devido ao risco de geadas da região.

Para os manejos EC e CV todos os decêndios se tornam aptos ao cultivo, mostrando que conforme se tem um solo com menor compactação e melhor desenvolvimento radicular os riscos são reduzidos.

O intuito da metodologia empregada no presente trabalho não é recomendar o revolvimento do solo, mas mostrar os danos causados na estrutura do solo e no desenvolvimento do sistema radicular das culturas, bem como destacar a importância do plantio direto de qualidade, que promove a escarificação biológica do solo (MORAIS et al., 2016).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A compactação do solo proporcionada pelo manejo inadequado diminui a capacidade de água disponível do solo e aumenta os riscos de perdas por deficiência hídrica no milho safrinha.

Os resultados obtidos no presente trabalho fornecem indicadores dos prejuízos que a sucessão de cultura soja-milho safrinha pode trazer à agricultura devido à desestruturação do sistema plantio direto.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. Caracterização físico-hídrica de um Latossolo Roxo distrófico do município de Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 12, p. 1303-1311, 1986.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina, Embrapa Soja, 2009. 40p.

MORAIS, M. T. de. et al. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do**

Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, p. 34-48, 2016.

RODRIGUES, E. J.; CARAMORI, P. H.; MORAIS, H.; BIANCO, R. Profundidade de raízes de milho em sucessão com soja em três sistemas de cultivos no norte do Paraná. In: XIV Seminário Nacional Milho Safrinha, 2017, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Fundação MT, 2017. p. 416-421.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

GRAUS-DIA, CICLO E PRODUÇÃO DA CULTURA DO MILHO SAFRINHA EM QUATRO ÉPOCAS DE SEMEADURA

Evandro João Rodrigues¹; Paulo Henrique Caramori²; Marcelo Augusto de Aguiar e Silva³; Daniel Soares Alves⁴; Alan Carlos Martelócio⁵

Autor para correspondência: evandro_agro@hotmail.com

¹Doutorando na Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, PR; ²Pesquisador no Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Londrina, PR.; ³Professor na Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, PR.; ⁴Analista em Ciência e Tecnologia no Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Londrina, PR; ⁵Mestrando no Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Londrina, PR

RESUMO

A cultura do milho possui ciclos bem determinados, porém devido a fatores ambientais estes podem sofrer variações, principalmente pela temperatura e condições hídricas do solo. O objetivo foi avaliar a relação entre o acúmulo de graus-dia (GD), ciclo e a produtividade de uma cultivar de milho safrinha precoce em Primeiro de Maio/PR. O experimento foi realizado em um delineamento em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo os tratamentos as respectivas épocas de semeadura: 27/01 (T1); 16/02 (T2); 03/03 (T3) e 15/03 (T4). Com os dados da estação meteorológica ao lado do experimento foram feitos os cálculos de GD. Foi observada a fenologia dos tratamentos e realizada a colheita manual da área útil das parcelas. Os tratamentos T2 e T4 foram os que mais produziram, com 3342,60 e 3758,40 kg ha⁻¹ respectivamente, sendo também os que mais acumularam GD. Os tratamentos T1 e T2 foram os que menos produziram, com 2290,20 e 3026,40 kg ha⁻¹, acumularam menos GD e foram os que mais sofreram déficit hídrico. Porém, T4 teve o ciclo mais longo devido às temperaturas mais baixas, produzindo mais que T1 que foi também exposto a intensos déficits hídricos, mas com maiores temperaturas que aceleraram seu ciclo. As quatro épocas de semeadura geraram diferentes somas térmicas para pendoamento e maturidade fisiológica. À medida que a somatória térmica da cultura diminuiu, também diminuiu a produção final de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Constante térmica; Fenologia; Temperatura

DEGREE-DAY, CYCLE AND PRODUCTION OF MAIZE SECOND SEASON CROP IN FOUR SOWING TIMES

ABSTRACT

The corn crop has well determined cycles, however due to environmental factors these cycles can undergo variations, mainly by the temperature and water conditions of the soil. The objective of this study was to evaluate the relationship between degree-day (GD) accumulation, cycle and yield of an early-season maize cultivar in Primeiro de Maio, PR, Brazil. The experiment was carried out in a randomized block design with 4 treatments and 4 replicates, with the treatments being the respective sowing dates: 27/01 (T1); 2/16 (T2); 03/03 (T3) and 03/03 (T4). The data from the meteorological station next to the experiment was used to calculate GD. The phenology of the treatments was observed and the manual harvesting of the working area of the plots was carried out. The treatments T2 and T4 were the most productive, with 3342.60 and 3758.40 kg ha⁻¹ respectively, being also those that accumulated more GD. The treatments T1 and T2 were the least productive, with 2290.20 and 3026.40 kg ha⁻¹, accumulated less GD, and suffered more water deficit. However, T4 had the longest cycle due to the lower temperatures, producing more than T1 that was also exposed to intense water deficits, but with higher temperatures, accelerating its cycle. The four sowing times

generated different thermal sums for tasseling and physiological maturity. As the thermal sum of the crop decreased, the final grain yield also decreased.

KEY-WORDS: Thermal constant; Phenology; Temperature

INTRODUÇÃO

O ciclo da cultura do milho, mesmo já determinados no momento da escolha da cultivar como super precoce, precoce e normal, pode ter duração variável de acordo com a temperatura ambiente e com a disponibilidade hídrica. Os cálculos de graus-dia pode ser uma boa ferramenta para a orientação da previsão de data de colheita ou períodos críticos como o pendoamento.

Um dos métodos mais simples para o cálculo de graus-dia foi descrito por Arnold (1959), que considera a temperatura média diária e a temperatura basal (T_b) inferior. A T_b inferior para a cultura do milho é considerada 10°C e a T_b superior 35°C (ROMANO, 2005), que também é levada em consideração como no método descrito por Ometto (1981).

As diferentes condições meteorológicas de uma safra para outra ou por diferentes épocas de semeadura, torna o ciclo da cultura sujeito a variações. Segundo Zucareli et al. (2010) o principal fator que influencia o ciclo da cultura é a variação de temperatura, que divide as fases fenológicas pelo número diário de acúmulo de graus-dia. De acordo com os mesmos autores, quando a planta não alcança as somas térmicas exigidas ocorre a variação da duração do ciclo, prejudicando o rendimento final de grãos.

Analisando estas variações nos resultados desta metodologia, surge a hipótese de que um mesmo material genético pode ter somatórias térmicas diferentes dependendo da temperatura e do suprimento hídrico da cultura em diferentes épocas de semeadura.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre o acúmulo de graus-dia, ciclo e a produtividade de uma cultivar de milho safrinha precoce em Primeiro de Maio/PR, em quatro épocas de semeadura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Primeiro de Maio/PR, em um Nitossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa, localizado na latitude $22^\circ 87' 96''$, longitude $51^\circ 07' 28''$ e altitude de 410 metros. O clima é classificado como Cfa – subtropical úmido, segundo o sistema de classificação de Köppen. As temperaturas médias e precipitação pluviométrica diária durante o período do experimento estão apresentadas na Figura 1.

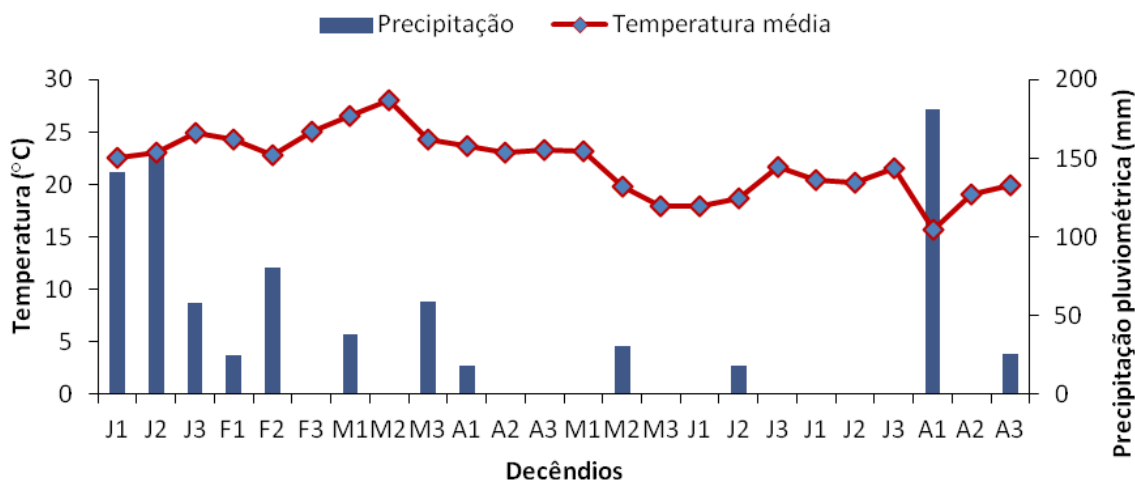


Figura 1: Temperatura média e precipitação acumulada por decêndios, de Janeiro a Agosto de 2018 na área experimental. Primeiro de Maio, PR, 2018.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso (DBC), com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Os tratamentos avaliados foram as épocas de semeadura: 27 de janeiro (T1); 16 de fevereiro (T2); 03 de março (T3) e 15 de março (T4), com o intuito de avaliar o comportamento da cultura em diferentes condições meteorológicas. As parcelas experimentais eram compostas por 5 linhas espaçadas entre si 0,75 m, e com 10 m de comprimento, sendo a área útil as 3 linhas centrais, descartando 1 m nas bordaduras. O híbrido utilizado foi o Status Viptera 3 (Híbrido Simples) de ciclo precoce, a população foi de 4,5 plantas por metro linear, obtendo um estande de 60.000 plantas ha⁻¹. Os tratamentos culturais como adubação, manejo de plantas invasoras e insetos, foram realizados rigorosamente conforme as recomendações agronômicas.

A fenologia da cultura foi avaliada em cada época de semeadura, dando enfoque ao momento que ocorreu o pendoamento e a maturidade fisiológica dos grãos. Tanto para a contabilização de dias após emergência (DAE) e graus-dia (GD) foi considerado como ponto inicial a emergência das plântulas.

Para a determinação de graus dias foi utilizada a fórmula $GD = \{(T+t)/2\} - 10$; sendo T: temperatura média máxima, t: temperatura média mínima e 10: temperatura basal mínima. As temperaturas e medidas de precipitações foram realizadas diariamente ao lado da área experimental com o uso de uma estação automática, com sensores de umidade e temperatura do ar e um pluviômetro Ville de Paris.

A colheita de cada tratamento foi realizada manualmente na área útil do experimento, seguida imediatamente de debulha manual. Os grãos foram pesados e corrigidos para 13% de umidade, sendo a produção expressa em kg ha⁻¹. Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA (p<0,05) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas por meio do programa computacional *STATISTICA*[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As épocas de semeadura geraram produções distintas, em função das condições meteorológicas ocorridas durante os ciclos. Na Tabela 1 são apresentados os resultados de produção.

Tabela 1: Análise de variância e teste de comparação de médias da variável produção (Kg ha⁻¹), para quatro épocas de semeadura. Primeiro de Maio, PR, 2018.

Análise de variância			
FV	GL	PROD	
BLOCOS	3	2,40 ^{ns}	
PARCELAS	3	11,47*	
ERRO	9		
CV (%)		22,21	
Teste de médias			
T1	T2	T3	T4
2290,20 b	3342,60 a	3758,40 a	3026,40 ab

Teste de Tukey a 5%: letras iguais após as médias não diferem entre si.

A Figura 2 apresenta os resultados dos cálculos de GD e DAE em pendoamento e maturidade fisiológica nos quatro tratamentos.

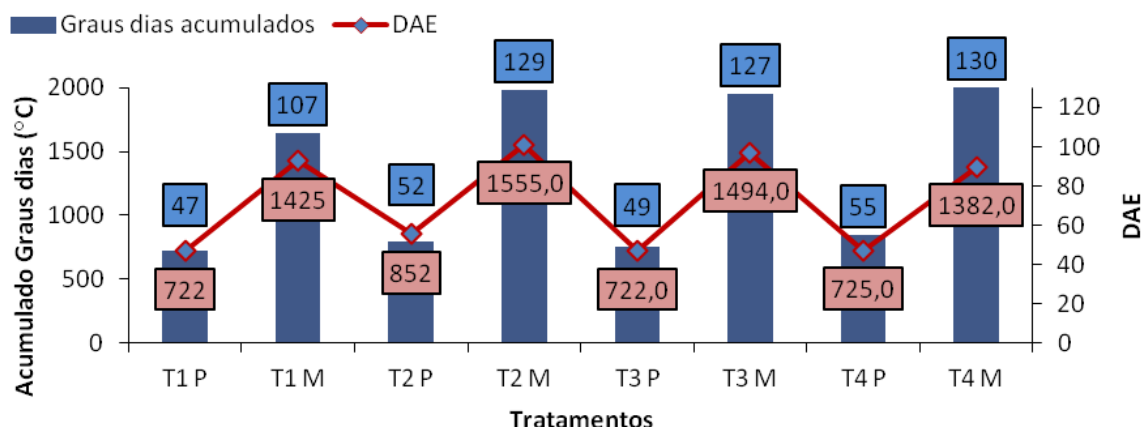


Figura 2: Ciclo em DAE e GD acumulados no pendoamento (P) e na maturidade fisiológica (M), para quatro épocas de semeadura. Primeiro de Maio, PR, 2018.

Conforme se observa na Tabela 1 e Figura 2, os tratamentos que tiveram maior acúmulo de GD (T2 e T3) foram os que mais produziram grãos. Em condições de campo foi possível observar que estes tratamentos, mesmo passando por períodos de estiagens (Figura 1), tiveram reposições hídricas no período de enchimento de grãos que favoreceram a sobrevivência das plantas e possibilitaram a continuidade do processo de enchimento de grãos.

Já os tratamentos T1 e T2 tiveram suas somatórias térmicas reduzidas e produziram menos, concordando com Zucareli et al. (2010). Com as observações de campo foi possível notar que estas plantas passaram por déficit hídrico mais severo no crescimento vegetativo e no período de enchimento de grãos. Desta forma o ciclo de T1 foi mais acelerado, resultando em espigas menores, grãos mais leves e pequenos. Porém, o T4 teve ciclo maior que todos os outros tratamentos, mas não o maior acúmulo de GD, por ter temperatura mais amena no seu desenvolvimento, responsáveis pela maior sobrevivência da planta no campo. Isto explica sua maior produção em relação ao T1, que teve seu ciclo mais acelerado por ter sido cultivado no período mais quente. Renato et al. (2013) alerta sobre o aceleramento dos ciclos das culturas em função do aquecimento gerado pelas mudanças climáticas e perdas de rendimento.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As condições hídricas do solo afetam a duração das fases fenológicas do milho e devem ser consideradas para aprimorar as estimativas de graus dia.

O aceleramento do ciclo do milho por altas temperaturas e déficit hídrico reduz a somatória térmica e a produção final de grãos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimentos à Capes, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n.1, p. 430-445, 1959.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981, 440p.

RENATO, N. S.; SILVA, J. B. L.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, E. G. Influências dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 18, n. 4, 2013.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante: parâmetros para modelos de crescimento**. Piracicaba, SP: USP, 2005, 100f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2005.

ZUCARELI, C.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; GONÇALVES, M. S. Acúmulo de Graus dias, Ciclo e Produtividade de Cultivares de Milho Segunda Safra para a Região de Londrina-PR, In: XXVII Congresso Nacional de de Milho e Sorgo, **Anais...**, 2010.

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM ANOS CHUVOSOS NA BACIA DO MEARIM DO ESTADO DO MARANHÃO

Keliane Paiva da Silva¹; Lucilara Rodrigues Mendes¹; Mário Augusto Pereira Júnior¹; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes¹

Autor para correspondência: kelyane.paiva@gmail.com

¹UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Mearim possui uma área de 99.058,68 km², correspondendo a maior entre todas as bacias hidrográficas do Estado. A Bacia do Mearim vem sofrendo com enchentes no período chuvoso, uma vez que ocorre ocupação irregular de áreas planas e próximas a rios. Essa Bacia também vem sofrendo constantes problemas ambientais como a salinização, o assoreamento do seu leito, o abandono de meandros e a devastação da mata ciliar. Em função disso, o presente estudo teve por objetivo verificar o potencial hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim no período chuvoso. Para realização do mapeamento, foram utilizados dados de chuva obtidos a partir da Agência Nacional das Águas – ANA, e dados de temperatura, a partir dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e a Capacidade de Água Disponível – CAD. Os dados foram organizados em planilha utilizando o software Excel, onde foram contabilizados os totais para cada trimestre no decorrer de janeiro a dezembro, assim como também, os totais anuais. Os dados trabalhados são referentes a 30 anos de análise no período chuvoso. Onde foi observado que nos primeiros semestres do ano houve acúmulo de água maior e pouca deficiência hídrica quando comparada com o segundo semestre onde o acúmulo de água foi menor e a deficiência maior. No norte da bacia houve maior precipitação durante todos os períodos do ano, e mesmo com grande precipitação houve a maior perda de déficit hídrico na região da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico; Deficiência hídrica; Excesso hídrico

KEY-WORDS: Hydric balance; Water deficiency; Water excess

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem é resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

As bacias hidrográficas do Estado do Maranhão apresentam grandes importâncias hidrológicas, ecológicas, econômicas e sociais; ocupando uma área territorial de 325.650 km². Embora apresente alto potencial de navegabilidade, é pouco aproveitada, pois as hidrovias pertencentes a estas bacias encontram-se desvinculadas dos grandes mercados econômicos (MARANHÃO, 2000).

A bacia hidrográfica do Rio Mearim ocupa uma considerável área da região centro-norte do estado do Maranhão, compreendendo uma área de 56.200km², o que representa 17,3% das terras do Maranhão, constituindo-se na maior bacia fluvial inteiramente maranhense (MARANHÃO, 2000).

Apesar de grande disponibilidade hídrica no estado, tem-se observado nos últimos anos, a ocorrência de sérios problemas ambientais nos corpos d'água das suas principais bacias, com problemas causados pela ação antrópica. Em 1998 foi observada uma alta taxa de desflorestamento de 1.012 km² brutos, causando impactos significativos nas bacias maranhenses (BRASIL, 2002).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim durante anos considerados chuvosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Mearim, localizada no estado do Maranhão, com uma altitude entre 400 a 500 metros acima do nível do mar e com 930 km de extensão, nasce na Serra da Menina e desaguando na Baía de São Marcos, entre os municípios de São Luís e Alcântara. Foram utilizados dados médios mensais (1987-2016) de chuva, obtidos do acervo da Agência Nacional das Águas – ANA, e dados mensais de temperatura do ar, obtidos do acervo do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Para a homogeneização dos dados mensais de precipitação pluvial foi aplicado o método da ponderação regional, com o intuito de preencher as falhas na série histórica de dados. O método utiliza as estações próximas e pertencentes a uma região homogênea para estimar o valor faltante, conforme descrito na expressão (1).

$$Pf = 1/3 (P1/P1m+P2/P2m+P3/P3m) PfM \quad (1)$$

Onde:

Pf – Precipitação faltante; P1, P2, P3 - Precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja corrigir a falha nas 3 estações vizinhas e pertencentes a mesma região homogênea; P1M, P2M, P3M – Precipitação média histórica nas estações vizinhas correspondentes ao mês ou ano que se deseja corrigir a falha; PfM – Média histórica da estação que se deseja corrigir a falha para o correspondente mês ou ano que deseja corrigir a falha.

Para analisar a consistência dos dados pluviométricos, foi empregado o Método da Dupla Massa cuja principal finalidade é identificar possíveis mudanças no comportamento da série de precipitação ao longo do tempo (mês ou ano), ou mesmo no local onde são realizadas as observações.

Inicialmente, os postos pluviométricos foram enquadrados dentro de regiões homogêneas (MENEZES, 2009), onde foi identificado o posto que sirva de referência (posto confiável) para a análise do posto a ser consistido. Os totais pluviométricos foram acumulados para cada posto em seus valores mensais ou anuais e plotados em um gráfico cartesiano, onde os valores acumulados correspondentes ao posto a consistir nas ordenadas e os do posto confiável, adotado como comparação, nas abscissas. Os valores inconsistentes foram corrigidos de acordo com a expressão (2).

$$P_{corr} = P_{acum} + (M_a/M_o) * \Delta P_o \quad (2)$$

Onde:

P_{corr} - precipitação acumulada após o ajuste a tendência desejada; P_{acum} - valor da ordenada correspondente à interseção das duas tendências; M_a - coeficiente angular da tendência desejada; M_o - coeficiente angular da tendência a corrigir; ΔP_o - resposta da diferença P_o-P_a, onde P_o é o valor acumulado a ser corrigido, e P_a é o valor acumulado da tendência desejada.

Para a construção dos cenários prospectivos, que define anos secos, normais e chuvosos, os dados de chuva foram submetidos à análise de frequência e teste de normalidade. O teste foi aplicado aos totais anuais de precipitação pluvial para cada localidade, sendo constatado o ajuste aproximado dos dados a distribuição normal, verificado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 95%, sendo esta utilizada na definição dos anos secos, normais e chuvosos. Foi definida a probabilidade de 25% para a definição de anos secos e 75% para anos chuvosos, o intervalo entre esses dois níveis de probabilidade consiste em anos normais ou regulares com relação aos totais anuais de chuvas.

A partir dos dados de chuva e evapotranspiração potencial, estimada com base nos dados de temperatura do ar pelo método de Thornthwaite (1948), para os anos chuvosos, foi determinado as componentes do balanço hídrico climático (excesso e deficiência hídrica) utilizando o critério proposto por Thornthwaite e mather (1955), para Capacidade de Água Disponível-CAD de 100 mm.

Dessa forma, os dados foram organizados em planilha utilizando o software Excel, onde foi contabilizado os totais de excesso e deficiência hídrica trimestrais, assim como também, os totais anuais. Com os dados tabelados, foram gerado os mapas utilizando o software Surfer 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que há menor disponibilidade hídrica na nascente e maior na foz da bacia. Na nascente (Sul da bacia) os totais pluviométricos não atendem a demanda exigida pela evapotranspiração potencial, correspondendo a uma redução de 600 mm, enquanto que na foz (Norte da bacia) os totais pluviométricos são superiores a evapotranspiração potencial, podendo chegar a 1800 mm, Figura 1.

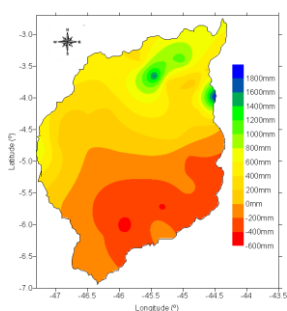


Figura 1: Disponibilidade hídrica anual em anos chuvosos na Bacia do Mearim-MA

A distribuição dos totais anuais ao longo do ano por trimestre está representada na Figura 2. No trimestre janeiro-fevereiro-março (JFM), Figura 2a, a bacia recebe os maiores volumes de chuvas com totais predominantemente superiores a evapotranspiração potencial, com totais variando entre 300 mm, no Sul da bacia e 1300 mm, no Norte da bacia. No trimestre abril, maio e junho (AMJ), Figura 2b, a disponibilidade hídrica reduz no Sul da bacia, ou seja, os totais pluviométricos não atendem a demanda exigida pela evapotranspiração potencial, correspondendo a uma redução de até 100 mm. Por outro lado, a parte Norte da bacia ainda permanece com boa disponibilidade hídrica com totais pluviométricos superiores a evapotranspiração potencial de até 1400 mm. O trimestre mais seco da bacia corresponde a julho-agosto-setembro (JAS), quando a disponibilidade hídrica reduz consideravelmente em decorrência da redução das chuvas e elevada perda de água por evapotranspiração potencial, variando de -450 mm no Centro-Sul da bacia a -250 mm no Centro-Norte da bacia, conforme observado na Figura 2c. Há uma ligeira melhora na disponibilidade hídrica no trimestre outubro-novembro-dezembro (OND), Figura 2d, porém ainda com valores negativos, exceto em uma pequena porção no Oeste da bacia. Neste trimestre observa-se ainda uma inversão na disponibilidade hídrica, na parte Sul mesmo ainda negativa, começa a haver reposição de água em decorrência do início das chuvas, por outro lado, na parte Norte as perdas de águas ainda são elevadas, pois a região continua em sua época seca.

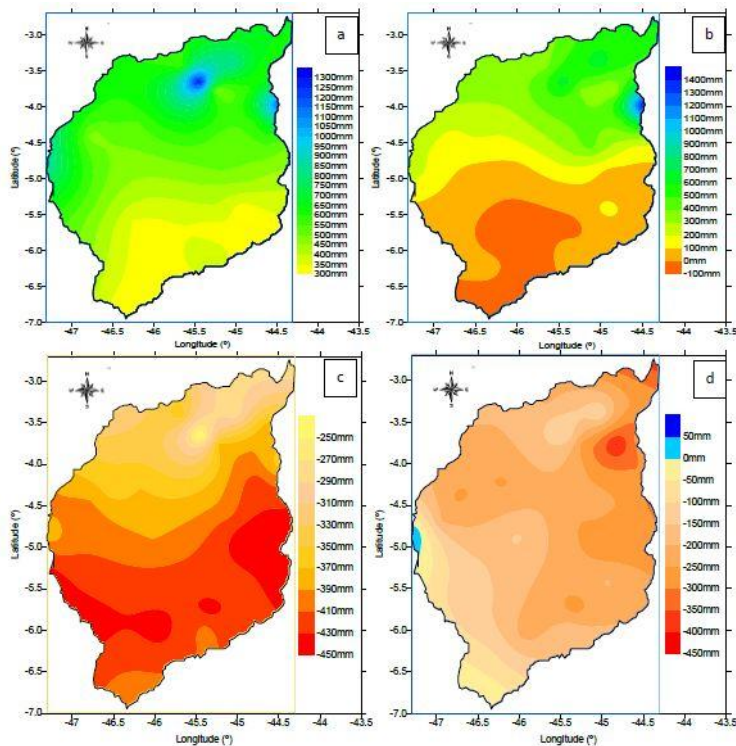


Figura 2: Disponibilidade hídrica em anos chuvosos na Bacia do Mearim-MA: a) JFM, b) AMJ, c) JAS e d) OND

A variabilidade da disponibilidade hídrica está associada à extensão latitudinal da bacia hidrográfica do Mearim, o que contribui para a incursão de diferentes sistemas produtores de chuvas que atuam em épocas diferentes e com intensidades variáveis. No Norte atua a Zona de Convergência Intertropical, predominando principalmente entre os meses de fevereiro e maio, por outro lado, o Sul da bacia recebe influencia da Zona de Convergência do Atlântico Sul, predominando principalmente de outubro a janeiro.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A disponibilidade hídrica na região da bacia hidrográfica do Mearim, mesmo em anos chuvosos, é variável ao longo do ano com dois períodos distintos: um com boa disponibilidade água, com totais pluviométricos elevados em relação às perdas de água por evapotranspiração e outro seco, com baixa disponibilidade de água, onde as chuvas não são suficientes para atender a demanda exigida pela evapotranspiração. Isso ocorre devido à atuação de diferentes sistemas produtores de chuva e sua extensão latitudinal.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRASIL Agencia Nacional das Águas. A Evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Edição Comemorativa do dia Mundial da Água**. Brasília, 2002, 64p.

MARANHÃO Gerencia de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento. **Atlas do Maranhão**. São Luís, 2000. 36p.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate.

Geographical Review, v.38, n.1, 1948, pp. 55-94.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J, R. **The water balance**. Centerton, N. J. 1955, 104 p.(Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

ESTIMATIVAS DA LUMINÂNCIA E DAS IRRADIÂNCIAS GLOBAL E PAR EM DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO

Adilson Pacheco de Souza¹; Luana Bouvié²; Charles Campoe Martim²; Daniela Roberta Borella²; Andréa Carvalho da Silva¹

Autor para correspondência: pachecoufmt@gmail.com

¹Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT; ²Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT

RESUMO

Objetivou-se gerar e analisar o desempenho estatístico de equações de estimativas das irradiâncias global e PAR e da luminância, nas condições internas de diferentes telados de sombreamento agrícola com base nas medidas em pleno sol (céu aberto). Os tratamentos foram telas poliefinas pretas (Sombrite) com 35, 50, 65 e 80%; e coloridas dos tipos: Chromatinet na cor azul, Frontinet nas cores vermelho e verde, e aluminet prata, vendidas comercialmente com 50% de atenuação da radiação global além da condição testemunha (pleno sol). Durante três dias do período seco coletou-se dados instantâneos de luminâncias total e UV e irradiâncias global e PAR, em intervalos de 30 minutos. Nas telas poliefinas pretas a transmissividade média diária diminuiu com o aumento da malha comercial. Dentre as telas coloridas de 50% de sombreamento, a Aluminet Prata apresentou maior transmissividade média diária da luminância e da irradiância PAR, enquanto que a Chromatinet vermelha gerou maiores transmissividades da irradiância Global.

PALAVRAS-CHAVE: cultivo protegido; atenuação da radiação; transmissividade

ESTIMATES OF LUMINANCE AND IRRADIANCES GLOBAL AND PAR IN DIFFERENT SHADING SCREENS

ABSTRACT

The objective of this study was to generate and analyze the statistical performance of estimation equations for Global and PAR irradiance and luminance (Lux) in the internal conditions of different agricultural shading screens based on measurements in the full sun (clear sky). The treatments were black polyester screens (Sombrite) with 35, 50, 65 and 80%; and colored of the types: Chromatinet in blue, Frontinet in red and green, and silver aluminet, sold commercially with 50% global radiation attenuation in addition to the control condition (full sun). During three days of the dry period, instantaneous data of total and UV luminances and Global and PAR irradiances were collected at 30 minute intervals. In the black polyester screens the average daily transmissivity decreased with the increase of the commercial mesh. Among the colored screens of 50% shading, Aluminet Prata showed higher average transmissivity of luminance and PAR irradiance, while red Chromatinet generated greater transmissivity of Global irradiance.

KEY-WORDS: Protected cultivation; radiation attenuation; transmissivity.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a importância da radiação no desenvolvimento e crescimento das plantas, estudos voltados as exigências ecofisiológicas são fundamentais para o aumento da produção agropecuária e estudos ambientais voltados para a ecologia de espécies. Além da qualidade do espectro de radiação incidente, em áreas de clima tropical, como a região Norte do Estado de Mato Grosso, a intensidade da radiação (excesso) pode ser considerado como um fator limitante para o sucesso adaptativo de algumas espécies. Na abordagem do cultivo de plantas em ambiente protegido, podem ser definidos como objetivos o aumento ou a redução da disponibilidade de energia no ambiente interno (DAL PAI, 2010; DAL PAI & ESCOBEDO, 2012). Dentre as alternativas disponíveis comercialmente para amenizar os efeitos negativos da radiação no crescimento vegetal, têm-se as estufas plásticas e os telados de sombreamento, com objetivos distintos (BERGAMASHI & BERGONCI, 2017). Esses últimos vêm tendo o seu uso intensificado em cultivos agrícolas e florestais, pois apresentam baixos custos e menores estruturas físicas de instalação, e possibilitam a manipulação das condições micrometeorológicas para as culturas, como as reduções na intensidade e/ou alterações no espectro de radiação disponível, alterações do saldo de radiação, menores amplitudes térmicas, dentre outros (ANDRADE et al., 2011). Segundo Souza et al. (2016) na região de Sinop (Norte de Mato Grosso), a radiação global varia de 16,56 a 21,26 MJ m⁻² dia⁻¹, em fevereiro e agosto, respectivamente, com elevação das médias diárias no inverno e início da primavera. Visando reduzir os níveis de radiação em cultivos de inverno (estação seca) na região, foram implantados telados com diferentes níveis de sombreamento e com diferentes colorações para cultivos de hortaliças (sistemas hidropônicos) e mudas florestais, perfazendo na necessidade de avaliação das atenuações da radiação solar pelas telas poliefinas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi gerar e avaliar o desempenho estatístico de equações de estimativas das irradiâncias global e PAR e da luminância, nas condições internas de diferentes telados de sombreamento agrícola.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área de produção vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Universitário de Sinop (-11,9822°; -55,5688° e 376 m). O clima da região, conforme a classificação de Koppen, é o Aw (tropical quente e úmido), caracterizado, ainda, pela presença de duas estações bem definidas, período chuvoso (outubro a abril) e o período de seca (maio a setembro), precipitação média anual de 1970 mm e baixa amplitude térmica anual, com médias mensais variando entre 24 e 27 °C.

A mensuração da luminância e irradiância foi realizada em viveiros metálicos suspensos, de dimensões de 3,0 x 1,0 x 1,0 m (comprimento, largura e altura respectivamente), posicionados no sentido Leste-Oeste, e cobertos superior e lateralmente por telas de sombreamento. Foram utilizados viveiros divididos em 2 casos experimentais. O primeiro constituído por telas de sombreamento poliefinas pretas (Sombrite), vendidas comercialmente com 35, 50, 65 e 80% de atenuação da radiação global. No segundo foi mensurada a radiação sob os viveiros com telas de sombreamento colorida dos tipos: Chromatinet na cor azul e vermelha, Frontinet na cor verde e Aluminet na cor prata, vendidas comercialmente com 50% de atenuação da radiação global. Constituindo, assim, 8 tratamentos, mais a condição testemunha (pleno sol). Para todas as condições de sombreamento, foram avaliados três telados (estruturas), considerados como repetições.

As coletas instantâneas de dados foram realizadas em 18/06, 06/07 e 06/08/2017, entre as 6:00 e 18:00 (horário solar), sistematicamente em intervalos de 30 minutos. Foram realizadas leituras externas (acima da tela de sombreamento) e internas (dentro do viveiro) com intervalos máximos de 2 minutos entre si, para minimizar o efeito do ângulo zenital. Para as medições das radiações global e PAR foram utilizados os piranômetros MP-200 (faixa espectral de leitura: 360 a 1120 nm; resposta direcional (efeito cosseno): ± 5% até 75° de ângulo zenital; resposta a temperatura; -0,04 ± 0,04% por °C; tempo de resposta: mínimo de 1,0 ms; não-linearidade: abaixo de 1% para medidas acima de 1750 W m⁻²) e MQ-200 (faixa espectral de leitura: 410 a 655 nm (considerando no máximo 50% dos comprimentos de onda dessa faixa); resposta direcional (efeito cosseno): ± 5% até 75° de ângulo zenital; resposta a temperatura; 0,06 ± 0,06% por °C; tempo de resposta: mínimo de 1,0 ms; não-linearidade: abaixo de 1% para medidas acima de 3000 μmol m⁻² s⁻¹) da Apogee. Para medidas da luminância foram utilizados luxímetros LD-200 das Instrutherm. Nas

medidas internas, os sensores foram instalados em uma plataforma metálica, nivelada e disposta a 1,5 m acima do solo. As leituras externas (acima da tela de sombreamento) foram realizadas a 2,0m de altura.. Calculou-se as médias diárias das frações I_{PAR}/I_G e I_{UV}/I_G , e a transmissividade das telas a partir da equação $T = (I_d/I_{PS}) \times 100$, em que: T: transmissividade da tela (em porcentagem); I_d : irradiância abaixo da cobertura e, I_{PS} : irradiância à pleno sol. Para a determinar as equações de estimativa de radiação solar calculou-se regressão linear ($Y = bX$, sem resíduos na estimativa), com as leituras dos dias 18 de junho e 06 de julho. O desempenho estatístico das equações foi avaliado com base nas medidas do dia 06/08, pela aplicação dos seguintes indicativos estatísticos: MBE (means bias error – erro médio relativo, equação 3); RMSE (root mean square error – raiz quadrada do quadrado médio do erro, equação 4) e dw (índice de ajustamento de Willmott, equação 5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transmissividade diminuiu com o aumento do percentual de sombreamento das telas pretas e os ambientes protegidos com Aluminet prata (50%) apresentaram maiores irradiâncias global (I_G) e PAR (I_{PAR}) e luminâncias total (L_T) e UV (L_{UV}) quando comparados com as demais coberturas com telas coloridas a 50%. A transmissividade de I_G foi maior nas telas de preta 35% e Chromatinet vermelha 50%, seguida pelos telados coloridos com Aluminet prata e preto de 50% (Tabela 1). Menores L_T e L_{UV} ocorreram sob tela preta de 80% e Chromatinet azul 50%. As médias diárias de I_{PAR} não diferiram entre as telas coloridas, sendo seus valores médios semelhantes aos observados na tela preta de 65 %. Os desvios da transmissividade de luminâncias e irradiâncias diminuíram com o aumento do sombreamento nas telas pretas, em função da maior estabilidade na transmissão da radiação independentemente do ângulo horário e ângulo zenital.

Utilizou-se a L_T e a I_G incidentes no gramado da estação meteorológica (pleno Sol), no mesmo instantes, para estimar através de regressões lineares simples ($Y = X$) as irradiâncias e luminâncias nas condições de ambientes protegidos pelas telas de sombreamento (Tabela 2). Maiores valores do coeficiente de determinação (R^2) foram obtidos nas correlações diretas entre luminâncias e irradiâncias à pleno sol, devido ao maior número de mensurações e a ausência de estrutura interferindo na quantidade e/ou qualidade da luz. Para todas as equações obtidas no ambiente interno dos telados, o indicativo dW foi maior que 0,967, indicando bom ajustamento entre os valores medidos e estimados (Tabela 4). Os maiores coeficientes angulares (b) foram expressos nas conversões de I_G (em $W m^{-2}$) em I_{PAR} (em $\mu mol m^{-2} s^{-1}$) e os menores nas relações entre L_T e L_{UV} (Lux).

Tabela 1: Transmissividade média e desvio padrão (DP) de luminâncias e irradiâncias por diferentes telas poliefinas de sombreamento.

Telas	L_T (%)		L_{UV} (%)		I_G (%)		I_{PAR} (%)	
	Média	DP			Média	DV	Média	DP
Preta 35%	43,01	13,61	44,76 a	10,35	43,73	14,80	41,45	14,12
Preta 50%	35,08	12,39	35,91 b	9,18	35,59	13,69	33,55	13,24
Preta 65%	23,91	10,39	26,36 d	8,27	25,25	10,50	23,29	11,26
Preta 80%	12,30	7,99	12,79 g	7,05	13,77	8,34	12,58	9,58
Aluminet prata 50%	30,85	13,16	29,39 c	8,05	33,32	14,23	30,28	11,99
Chromatinet vermelha 50%	24,81	7,53	25,43 d	6,72	42,07	9,42	25,98	8,51
Chromatinet azul 50%	22,82	7,19	18,83 f	4,41	31,20	11,01	22,51	8,19
Frontinet verde 50%	27,72	8,74	21,97 e	5,75	32,81	10,59	25,77	9,86

Tabela 2: Correlações ($Y = bX$) entre as luminâncias (L_T e L_{UV}) e irradiâncias (I_G e I_{PAR}), em diferentes telas de sombreamento e sob condição de pleno sol (variável independente).

Equações (var. independente x dependente)	b	r ²	b	r ²	b	r ²
	Pleno Sol		Preto 35%		Preto 50%	
Lum x I_G	0,0135*	0,9245	0,0068*	0,6421	0,0053*	0,7013
Lum x I_{PAR}	0,0298*	0,9714	0,0149*	0,6748	0,0120*	0,8003
Lum x I_{UV}	$1,05 \cdot 10^{-5}$ *	0,8830	$5,13 \cdot 10^{-6}$	0,7002	$3,85 \cdot 10^{-6}$ 06	0,6877
I_G x I_{PAR}	2,1809*	0,9761	1,1172*	0,7654	0,8893*	0,7359
I_G x I_{UV}	$7,7 \cdot 10^{-4}$ *	0,8903	$3,66 \cdot 10^{-4}$ *	0,7484	$2,98 \cdot 10^{-4}$ *	0,7136
	Preto 65%		Preto 80%		Aluminet 50%	
Lum x I_G	0,0038*	0,7492	0,0020*	0,7118	0,0046*	0,6314
Lum x I_{PAR}	0,0082*	0,8059	0,0038*	0,7170	0,0096*	0,7602
Lum x I_{UV}	$2,8 \cdot 10^{-6}$ *	0,7914	$1,29 \cdot 10^{-6}$ *	0,6872	$3,15 \cdot 10^{-6}$ *	0,6342
I_G x I_{PAR}	0,5957*	0,7960	0,2845*	0,7692	0,7262*	0,8049
I_G x I_{UV}	$1,99 \cdot 10^{-4}$ *	0,8175	$9,44 \cdot 10^{-5}$ *	0,7546	$2,35 \cdot 10^{-4}$ *	0,7428
	Chromat. vermelha 50%		Chromatinet azul 50%		Frontinet Verde 50%	
Lum x I_G	0,0055*	0,8073	0,0044*	0,7478	0,0044*	0,8019
Lum x I_{PAR}	0,0079*	0,7289	0,0079*	0,8931	0,0078*	0,8308
Lum x I_{UV}	$2,48 \cdot 10^{-6}$ *	0,7254	$1,89 \cdot 10^{-6}$ *	0,7330	$2,20 \cdot 10^{-6}$ *	0,8045
I_G x I_{PAR}	0,6130*	0,7759	0,5201*	0,7163	0,5860*	0,7940
I_G x I_{UV}	$1,87 \cdot 10^{-4}$ *	0,8018	$1,44 \cdot 10^{-4}$ *	0,7103	$1,52 \cdot 10^{-4}$ *	0,8433

*coeficiente angular significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 3: Indicativos do desempenho estatístico das regressões lineares para estimativas das luminâncias e irradiâncias em diferentes telas de sombreamento e condição de pleno sol.

Correlações	MBE	RMSE	dw	MBE	RMSE	dw	MBE	RMSE	Dw
	Pleno Sol			Preta 35%			Preta 50%		
	Lum x I_G	1,37	27,44	0,999	-4,23	87,11	0,996	-7,06	79,14	0,995
Lum x I_{PAR}	-1,21	35,69	0,999	-64,78	200,39	0,995	-62,71	207,14	0,994

Lum x I _{UV}	-2,2.10 ⁻⁴	4,4.10 ⁻²	0,997	3,2.10 ⁻³	1,1.10 ⁻²	0,991	6,3.10 ⁻³	7,1.10 ⁻²	0,994
I _G x I _{PAR}	-1,99	33,89	0,999	-61,00	185,81	0,996	-72,21	227,57	0,993
I _G x I _{UV}	-4,9.10 ⁻⁴	4,4.10 ⁻²	0,997	1,7.10 ⁻²	0,11	0,991	-5,9.10 ⁻³	7,3.10 ⁻²	0,995
	Preta 65%			Preta 80%			Aluminet Prata 50%		
Lum x I _G	5,21	46,36	0,996	13,57	46,69	0,988	27,30	77,34	0,985
Lum x I _{PAR}	-7,96	90,01	0,997	26,36	115,00	0,986	11,69	150,01	0,988
Lum x I _{UV}	1,3.10 ⁻²	6,1.10 ⁻²	0,993	8,8.10 ⁻³	3,3.10 ⁻²	0,989	5,5.10 ⁻³	6,1.10 ⁻²	0,987
I _G x I _{PAR}	7,5.10 ⁻¹	105,45	0,996	23,90	121,18	0,985	8,9.10 ⁻²	144,50	0,990
I _G x I _{UV}	1,5.10 ⁻²	6,3.10 ⁻²	0,992	1,0.10 ⁻²	3,5.10 ⁻²	0,988	5,2.10 ⁻³	6,2.10 ⁻²	0,987
	Chromatinet vermelha 50%			Chromatinet azul 50%			Frontinet verde 50%		
Lum x I _G	0,51	59,95	0,994	25,51	52,71	0,993	30,71	58,06	0,983
Lum x I _{PAR}	43,96	96,92	0,967	-2,07	75,63	0,995	33,61	101,39	0,987
Lum x I _{UV}	2,2.10 ⁻²	0,05	0,990	1,7.10 ⁻²	3,9.10 ⁻²	0,990	1,2.10 ⁻²	4,2.10 ⁻²	0,980
I _G x I _{PAR}	36,79	95,78	0,994	38,85	80,92	0,994	22,09	107,49	0,984
I _G x I _{UV}	2,2.10 ⁻²	4,8.10 ⁻²	0,991	1,4.10 ⁻²	3,9.10 ⁻²	0,990	1,7.10 ⁻²	4,6.10 ⁻²	0,972

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As correlações entre as irradianças global e PAR e luminâncias total e UV sob telados de sombreamento apresentaram bons desempenhos estatísticos para estimativas com base em medidas a pleno Sol. Nas telas poliefinas pretas a transmissividade média instantânea, independentemente do ângulo horário e ângulo zenital, diminui com o aumento do percentual da malha comercial. As telas de cultivo agrícola não alteram a fração L_{UV}/L_T. Malhas Poliefinas preta (80%), Chromatinet azul (50%) e Frontinet verde (50%) diminuem a relação I_{PAR}/I_G.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANDRADE, J. W. S. et al. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 437-443, mai. 2011.

BERGAMASHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima - princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 352p. 2017.

DAL PAI, E.; ESCOBEDO, J. Radiações UV, PAR e IV em estufa de polietileno. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 16, p. 1-8, 2012.

DAL PAI, E. **Radiações e frações solares UV, PAR e IV em estufa de polietileno: evolução anual média mensal diária e equações de estimativa**. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu-SP, 2010.

SOUZA, A. P. et al. Transmissividade atmosférica da radiação global na região amazônica de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 4 (suppl.), p. 639-648, 2016.

TEMPERATURA DO AR E DO SOLO EM UM PLANTIO COMERCIAL DE AÇAÍ, CASTANHAL-PA.

Igor Cristian de Oliveira Vieira¹; Erika de Oliveira Teixeira¹; Matheus Yan Freitas Silva¹; Carmen Grasiela Dias Martins¹; Deborah Luciany Pires Costa¹
Autor para correspondência: cristianigor67@gmail.com

¹UFRA; ²ISARH - UFRA

RESUMO

A Determinação das alterações da temperatura no solo, são necessários para a compreensão dos processos exercidos pela planta influenciados pelo clima, sobretudo nos plantios de açaizeiro, devido seu grande valor econômico, social e ambiental. O objetivo do trabalho foi avaliar a temperatura do ar e do solo, na profundidade de 30 cm, em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal – PA. O estudo foi realizado na Fazenda Escola da UFRA – Castanhal – PA, com clima do tipo ami segundo Köppen e o solo do tipo Latossolo amarelo distrófico, e foram calculadas médias horárias das temperaturas acima e abaixo do dossel e da temperatura do solo na camada de 30 cm, dos meses de maior precipitação e menor precipitação no ano de 2018. O coeficiente de Pearson foi utilizado para verificar a correlação entre essas variáveis. Todas as correlações apresentaram resultado positivo, classificados como forte e moderado, a Tar (acima do dossel) no período seco teve correlação com a Tar (abaixo do dossel) com $r = 0,89047$ e a T do solo $r = 0,72014$ em comparação ao período chuvoso, no qual atingiu $r = 0,63169$ e $r = 0,56227$ para ambas temperaturas, já a Tar (abaixo do dossel) no período chuvoso exerceu uma maior influência na temperatura do solo, sendo $r = 0,69792$ em comparação a estação seca, que foi de $r = 0,63696$. Pode-se concluir que há correlações positivas, diretamente proporcionais entre as Tar e a T do solo na profundidade de 30 cm, demonstrando o a interação dessas variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Latossolo amarelo; Microclima; Açaizeiro

AIRAND SOIL TEMPERATURE IN A COMMERCIAL PLANT OF AÇAÍ, CASTANHAL-PA.

ABSTRACT

The determination of soil temperature changes are necessary to understand the processes exerted by the plant influenced by the climate, especially in the plantations of açaizeiro, due to its great economic, social and environmental value. The objective of this work was to evaluate the air and soil temperature, at depth of 30 cm, in a commercial plantation of açaizeiro in Castanhal - PA. The study was carried out in the School Farm of UFRA - Castanhal - PA, with an ami second Köppen type and dystrophic yellow Latosol soil, and hourly means were calculated from above and below the canopy temperature and the soil temperature in the soil layer. 30 cm, two months of higher precipitation and lower precipitation in the year 2018. The Pearson coefficient was used to verify the correlation between these variables. All correlations were positive, classified as strong and moderate, Tar (above the canopy) in the dry period had a correlation with Tar (below the canopy) with $r = 0.89047$ and soil T $r = 0.72014$ in rainfall period, where $r = 0.63169$ or $r = 0.56227$ for both temperatures, while the Tar (below the canopy) in the rainy season exerted a greater influence on the soil temperature, where $r = 0.67972$ compared to the rainy season. the dry season, which was $r = 0.63696$. It can be concluded that there are positive correlations, directly proportional between the Tar and T of the soil at depth of 30 cm, showing the interaction of these variables.

KEY-WORDS: Yellow Latosol; Microclimate; Açaizeiro

INTRODUÇÃO

O regime térmico de um solo é definido pela ação da radiação solar e dos processos de transporte, condução, e de calor sensível que aquecem a superfície até seu interior. Mensurar as variações da temperatura do solo na sua superfície torna-se necessário para se obter dados relacionados à sua transferência de energia no estado de calor nas diversas coberturas vegetais do solo, pois, essas alterações têm efeito direto nos processos de evapotranspiração e troca de energia no solo. (TEICHRIEB, et al. 2016).

O solo é o principal componente para o biosistema na terra, pois além de servir como substrato, fornece os elementos necessários para o desenvolvimento das plantas como água, oxigênio e nutrientes (LIMA; LIMA e MELO, 2007), integrando o sistema de relações água-solo-planta-atmosfera (TEICHRIEB, et al. 2016), sendo a superfície do solo determinante na troca e no armazenamento da energia térmica nos ecossistemas terrestres, que ao receber a radiação solar incidente, absorve e eleva a sua temperatura (GASPARIM et al., 2005) e esse processo de absorção realizado pelo solo pode se agravar em decorrência de diversos fatores como por exemplo o período de tempo de ação da radiação solar incidente, o ângulo de inclinação da superfície receptora além das características físicas e granulométricas do solo (VIANELLO; ALVES, 1991).

Essa dinâmica de aumento ou redução da temperatura do solo influencia nos processos de germinação de sementes, crescimento do sistema radicular, dentre outros, e essas oscilações de temperatura no solo são favorecidas pelo sistema de trocas de calor entre o ar e o solo, sobretudo nas camadas mais superficiais (MARIN et al. 2008). As oscilações das temperaturas do ar, tanto acima quanto abaixo do dossel, e a temperatura do solo são essenciais para o desenvolvimento e propagação dos vegetais, sendo assim uma variável de grande importância, influenciando diretamente processos como o de evapotranspiração e de troca de energia (Oliveira et al., 2002).

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*) é uma cultura de grande relevância para socioeconomia do Norte do Brasil, com dupla utilidade econômica, com obtenção de frutos e palmito (YOKOMIZO, et al, 2016), exercendo um grande papel ambiental, pois possibilita um desenvolvimento sustentável, com sua transição da várzea para áreas de terra firme, com seu plantio em áreas antropizadas, utilizando um Sistema Agroflorestais-(SAFs), (OLIVEIRA et al., 2016).

Em sua maioria, ocorre em Gleissolo, que são solos ricos em matéria orgânica com fertilidade natural devido à deposição de detritos no processo de enchente das marés, sendo característicos de áreas de várzeas (OLIVEIRA et al, 2002). No entanto também são cultivados em terra firme em solos pobres com baixa fertilidade natural que no nordeste paraense são predominantes solos do tipo latossolo amarelo, latossolo vermelho amarelo e latossolo vermelho (EMBRAPA, 1991).

O açaí tem uma grande importância para o estado do Pará, sendo considerado como uns dos principais produtos do extrativismo nacional e com um grande potencial de produção de açaí, com elevadas vantagens comparativas que gera uma possibilidade de aumento na oferta desse produto visando suprir a crescente demanda do mercado, para que o Brasil possa se consolidar como principal processador e exportador de açaí (CONAB, 2019). (CONAB, 2019), sendo o estado o maior consumidor e principal produtor regional e nacional de açaí (YOKOMIZO, et al, 2016) , com produção correspondente a 54% de toda produção do norte (CONAB, 2016), que no ano de 2017 obteve 1.273.568 ton. e rendimento médio de 6.771 (kg/ha) (SEDAP, 2017).

Mesmo reconhecendo a importância desta planta e de sua interação com os aspectos ambientais, como solo e temperatura, não há estudos que correlacionem essas variáveis que geram informações indispensáveis para um melhor manejo desta cultura, tendo em vista que compreender a variabilidade horária e diária da temperatura do solo é de extrema importância para regiões e épocas do ano que possuam variações capazes de impedir o melhor desenvolvimento do sistema radicular do vegetal (SCHNEIDER et al, 1993).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar correlação entre a temperatura do ar, em duas alturas, e do solo, na profundidade de 30 cm, em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal – PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um plantio comercial de açaizeiro, próximo das dependências da fazenda escola da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no município de Castanhal-PA ($1^{\circ}19'24.48''S$ e $47^{\circ}57'38.20''W$) no ano de 2018, em uma área de estudo com dimensões de 52,2 x 57,7 m (20,30 ha) de monocultivo de açaí cv. BRS-Pará com idade sete anos.

Área de estudo

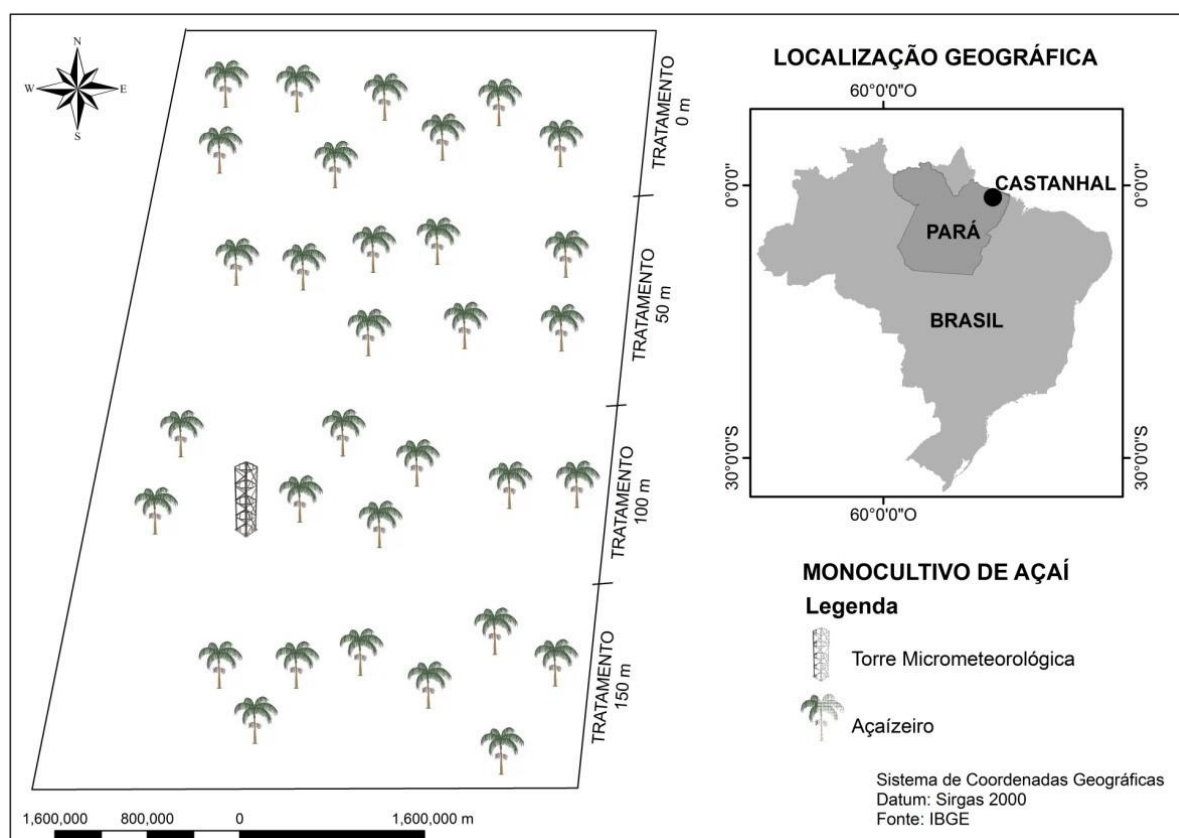


Figura 1. Área experimental e localização da torre micrometeorológica em um monocultivo de Açaí, em Castanhal-PA.

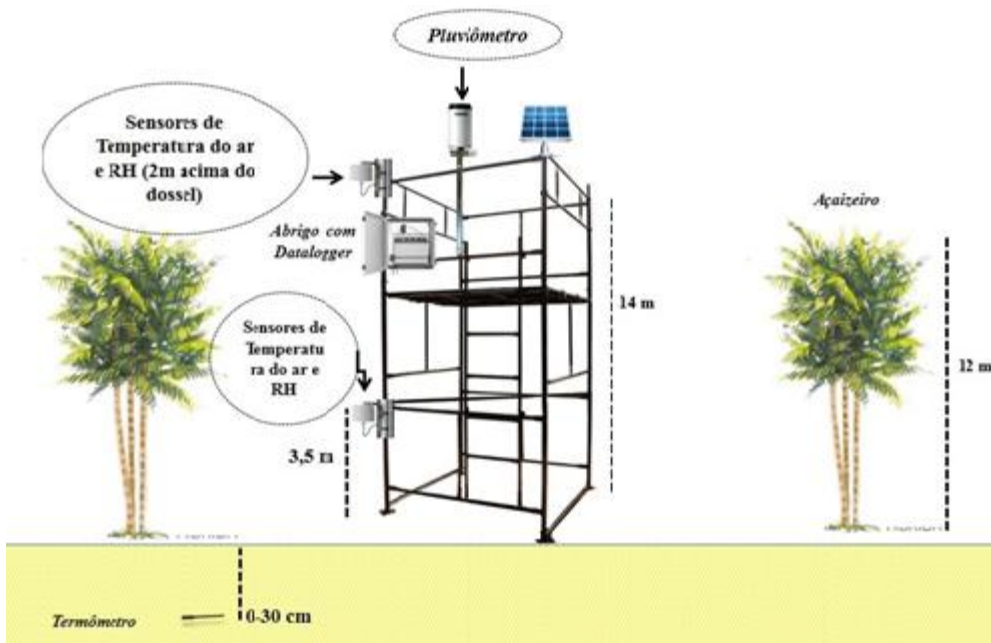


Figura 2. Esquema da área experimental e localização da torre micrometeorológica e sensores em um monocultivo de Açaí, em Castanhal-PA.



Figura 3. Imagens dos sensores na área experimental em um monocultivo de Açaí, em Castanhal-PA.

Segundo a classificação de Koppen, o clima do município é do tipo Ami (ALVARES et al. (2014).), com média de temperatura anual na faixa de 26 °C, máxima e mínima equivalente a 28 e 22 °C, e elevados valores de umidade do ar que variam entre, de 95 e 79 %, respectivamente, segundo observações de Farias et al. (2017). O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo amarelo distrófico, de textura franco arenosa (Embrapa, 2018).

Tabela 1. Análise química do solo – plantio comercial de açaizeiro, Castanhal-PA.

Profundidade	pH (H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
		--mg dm ⁻³ --	-----cmol _c dm ⁻³ -----			
00-20	5,925	11,371	0,545	0,850	0,500	0,400
20-40	5,690	0,953	0,380	0,350	0,100	1,100

Tabela 2. Análise granulométrica e física do solo plantio comercial de açaizeiro, Castanhhal-PA.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Ds ¹	θ CC ²	θ PMP ³
	-----%-----			-- g cm ⁻³ --	--- cm ³ cm ⁻³ ---	
00-20	86,546	9,37	4,081	1,545	0,238	0,066
20-40	74,010	11,126	14,864	1,625	0,318	0,076

¹Densidade do solo; ²Teor de umidade na capacidade de campo, ³Teor de umidade no ponto de murcha permanente.

Coletas

A coleta dos dados foi realizada através de uma torre micrometeorológica automática instalada no centro da área, equipada com um *datalogger* Campbell Scientific CR1000 com sensores de temperatura, posicionados: no ar, 2 m acima do dossel; no ar, abaixo do dossel (3,5 m do solo); e no solo a 30 cm de profundidade. As leituras foram realizadas de 10 em 10 minutos e armazenadas médias a cada 20 minutos.

Foram calculadas as médias horárias das temperaturas acima e abaixo do dossel e da temperatura do solo na profundidade de 30 cm dos meses de maior precipitação (fevereiro, março e abril) e os de menor precipitação (agosto, setembro e outubro).

Análise de Dados

Para analisar a interferência da temperatura do ar na alteração da temperatura do solo foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre essas temperaturas. A correlação de Pearson foi considerada significativa quando o valor de *p* foi menor que 0,05.

Para melhor compreensão em relação à magnitude dos coeficientes foi utilizada a metodologia de Dancey e Reidy (2005) que criaram uma classificação que ordena com base nos valores obtidos o grau de dependência entre as variáveis, que quando mais próximos de 1, desconsiderando o sinal se positivo ou negativo, maior será o grau de dependência estatística linear, sendo que quanto mais próximo de 0, mais fraca será essa interação, a classificação elaborada segue a seguinte ordem: $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte). E para confecção dos gráficos e análise estatística foi realizada por meio do aplicativo computacional Past (HAMMER, et al. 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a estação chuvosa foi verificado uma precipitação média de 622 mm e na estação seca de 216 mm, com temperatura média do ar diária (acima do dossel) de $(27,49^{\circ}\text{C} \pm 0,87)$, abaixo do dossel de $(23,32^{\circ}\text{C} \pm 1,19)$ e temperatura média do solo de $(26,18^{\circ}\text{C} \pm 0,30)$ no período chuvoso e temperatura média do ar diária (acima do dossel) de $(28,71^{\circ}\text{C} \pm 1,17)$, abaixo do dossel de $(26,18^{\circ}\text{C} \pm 0,75)$ e temperatura média do solo de $(26,15^{\circ}\text{C} \pm 0,32)$ no período seco. As temperaturas máximas e mínimas do solo no período chuvoso foram de $26,83^{\circ}\text{C}$ e $25,55^{\circ}\text{C}$, respectivamente, e no período seco a máxima foi de $27,06^{\circ}\text{C}$ e a mínima de $25,40^{\circ}\text{C}$ (figura 4).

As temperaturas máximas (acima e abaixo do dossel) na estação seca foram de $30,85^{\circ}\text{C}$ e $28,16^{\circ}\text{C}$, ambas em 30 de outubro, na estação chuvosa foi obtida máxima de temperatura do ar (acima do dossel) de $29,24^{\circ}\text{C}$ em 1° de janeiro e temperatura do ar (abaixo do dossel) de $25,85^{\circ}\text{C}$ no dia 04 de janeiro; as temperaturas mínimas das temperaturas (acima e abaixo do dossel) no período chuvoso foram obtidas no dia 10 de janeiro ($25,49^{\circ}\text{C}$) e 09 de fevereiro ($18,22^{\circ}\text{C}$), respectivamente, no período seco a mínima da temperatura do ar (acima do dossel) foi atingida no dia 09 de agosto ($25,97^{\circ}\text{C}$) e a da temperatura do ar

(abaixo do dossel) no dia 04 de agosto (23, 29 ° C) e como observado o período chuvoso apresenta maiores valores de precipitação, que torna os valores de temperatura máxima e mínima do ar e de temperatura do solo menores em comparação com a estação menos chuvosa, principalmente os meses de março com maiores índices pluviométricos de 324 mm e o mês de outubro que se apresentou como o mês mais seco com precipitação de 47,76 mm (figura 4).

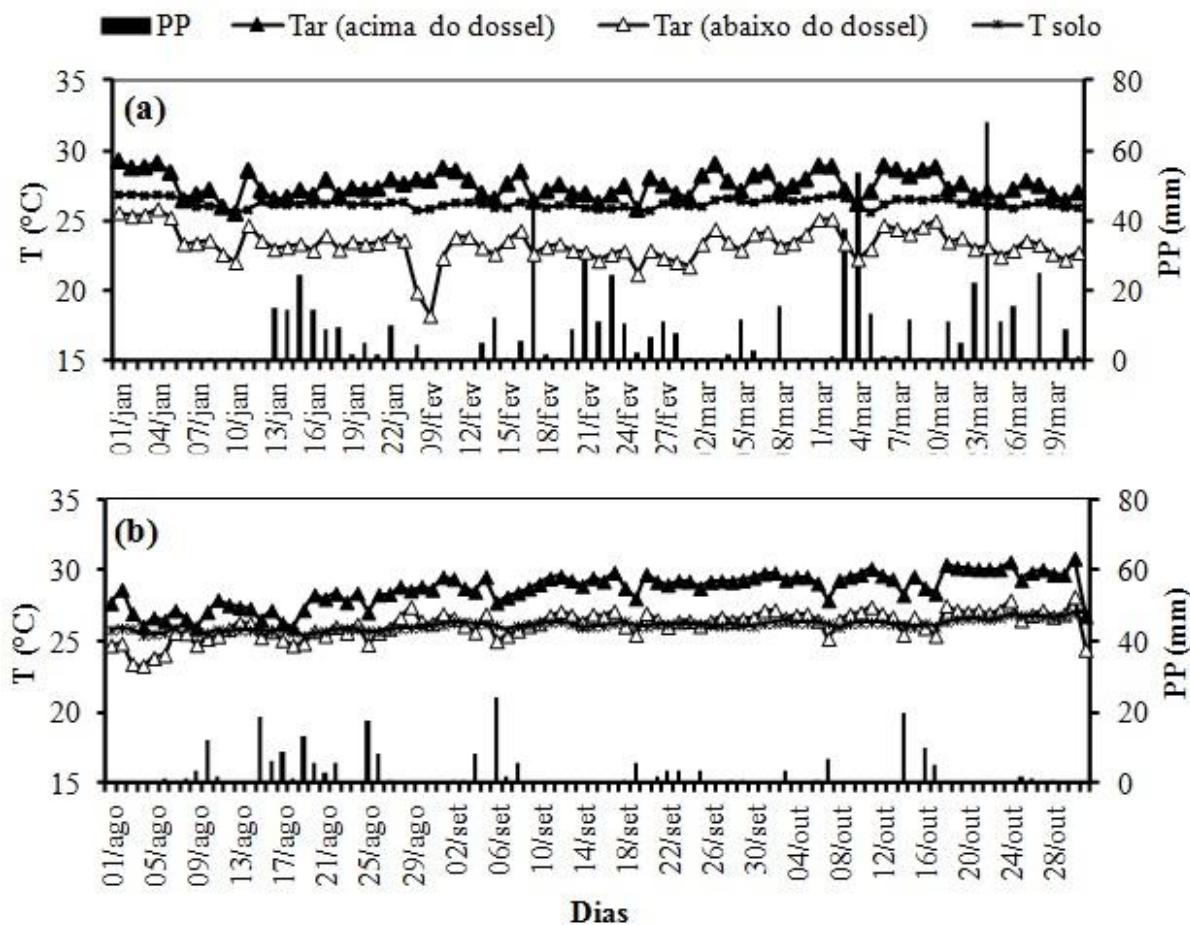


Figura 4: Variação horária da precipitação, temperatura acima e abaixo do dossel de um monocultivo de açai e da temperatura do solo na camada superficial a 30 cm, em Castanhal – PA. Período chuvoso (a) e Período seco (b).

A temperatura média do ar horária (acima do dossel) no período chuvoso foi de $(27,49^{\circ}\text{C} \pm 2,30)$ e no período seco de $(28,75^{\circ}\text{C} \pm 3,16)$, enquanto que abaixo do dossel foi atingida uma temperatura média de $(23,34^{\circ}\text{C} \pm 2,12)$ no período chuvoso e $(26,20^{\circ}\text{C} \pm 2,96)$ no período seco. As temperaturas máximas (acima e abaixo do dossel) na estação chuvosa foram de $31,56^{\circ}\text{C}$ e $27,27^{\circ}\text{C}$, ambas no horário de 12h00min, na estação seca as máximas foram de $33,73^{\circ}\text{C}$ e $30,97^{\circ}\text{C}$ as duas as 13h00min; as temperaturas mínimas tanto do período chuvoso e seco foram atingidas às seis da manhã com valores de $24,64^{\circ}\text{C}$ e $20,82^{\circ}\text{C}$ (chuvoso) e $24,72^{\circ}\text{C}$ e $22,35^{\circ}\text{C}$ (seco) (figura 5).

Foi observado que as temperaturas médias acima e abaixo do dossel se sobressaíram no período seco, devido a uma menor presença de nebulosidade e consequentemente uma maior taxa de radiação incidente, pelo fato do clima da região possuir uma estiagem bem acentuada e definida nos meses de setembro, outubro e novembro, sobretudo o mês de outubro com menor precipitação e está localizada em uma região de maior índices pluviométricos que compreendem que compreende os meses de fevereiro, março e abril, tendo como destaque o mês de março como o mais chuvoso (MENEZES et al, 2015).

Os horários em que foram registradas as máximas e mínimas, foram semelhantes as do trabalho realizado por (WANZELER, et al. 2016) em um pomar de mangueiras (*Mangifera indica* L.), no município de Cuiarana, Salinópolis-PA, no qual observou as temperaturas mínimas desde as 6h, se prologando e tendo a elevação da temperatura do ar nas proximidades do solo, obtendo sua temperatura máxima entre as 12h e 13h, sofrendo uma diminuição da temperatura com a perda de calor do ar com o passar das horas.

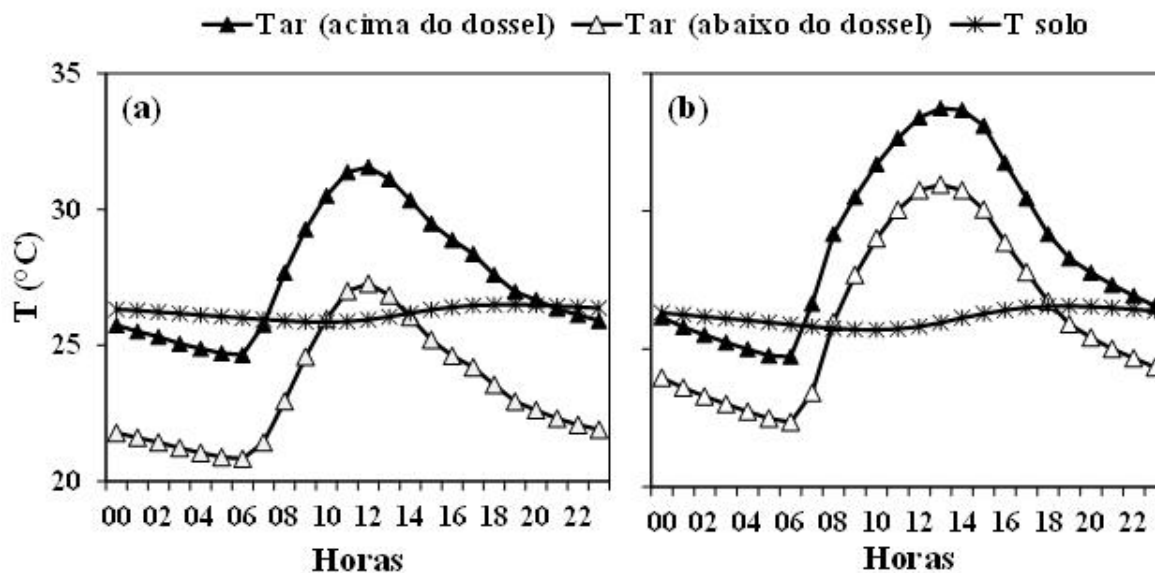


Figura 5: Variação diária da temperatura acima e abaixo do dossel de um monocultivo de açai e da temperatura do solo na camada superficial a 30 cm, em Castanhal – PA. Período chuvoso (a) e Período seco (b).

Por sua vez a temperatura do solo no período chuvoso obteve temperatura média de $(26,19^{\circ}\text{C} \pm 0,23)$, valor próximo do registrado no período seco de $(26,14^{\circ}\text{C} \pm 0,30)$; as temperaturas mínimas em ambas as estações foram obtidas no horário de 10h00min com valores de $25,85^{\circ}\text{C}$ (chuvoso) e $25,69^{\circ}\text{C}$ (seco), com máximas de $26,49^{\circ}\text{C}$ as 18h00min na estação chuvosa e $26,56^{\circ}\text{C}$ no horário de 19h00min na estação seca (Figura 5).

Estes resultados corroboram com o trabalho realizado por OLIVEIRA, et al. 2010, no qual avaliou as amplitudes térmicas em diferentes profundidades de solo no período chuvoso e seco em Campina Grande-PB, registrando os valores máximos nas camadas intermediárias (20 a 30 cm) no entardecer para o anoitecer, e as temperaturas mínimas no intervalo de 9h00min para 10h00min.

Ao comparar a temperatura média nas duas estações e apesar da estação chuvosa se sobressair a seca, em geral essa camada do solo no período chuvoso apresenta maior difusividade térmica, devido ao maior teor de água no solo, ocupando os espaços porosos e permitindo uma maior capacidade de transferência de calor vertical por meio do perfil e não permitindo um maior aquecimento das camadas mais superficiais (PEZZOPANE, 2002; DINIZ, et al. 2013).

Com base nos dados obtidos foi possível verificar que todas as correlações geraram resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$), sobretudo os maiores valores atingidos entre a temperatura do ar (abaixo do dossel) e temperatura do solo no período chuvoso, e a temperatura do ar (acima do dossel) e a temperatura do (ar abaixo do dossel) no período seco (Tabela 3).

Tabela 2: Correlações entre as temperaturas do ar acima e abaixo do dossel de um monocultivo de açai e temperatura do solo na camada de 30 cm, no período chuvoso e seco, em Castanhal – PA.

Período Chuvoso			
	Tar (acima do dossel)	Tar (abaixo do dossel)	T solo
Tar (acima do dossel)			
Tar (abaixo do dossel)	0,63169	1	

T solo	0,56227	0,69792	1
Período Seco			
	Tar (acima do dossel)	Tar (abaixo do dossel)	T solo
Tar (acima do dossel)	1		
Tar (abaixo do dossel)	0,89047	1	
T solo	0,72014	0,63696	1

A temperatura do ar (acima do dossel) no período seco obteve uma maior correlação com a temperatura do ar (abaixo do dossel) com $r = 0,89047$ e a temperatura do solo, sendo $r = 0,72014$ em comparação ao período chuvoso, no qual atingiu $r = 0,63169$ e $r = 0,56227$ para ambas temperaturas, já a temperatura do ar (abaixo do dossel) no período chuvoso exerceu uma maior influência na temperatura do solo, sendo $r = 0,69792$ em comparação a estação seca, que foi de $r = 0,63696$, representando um relação diretamente proporcional entre essas variáveis.

Quanto maior a proximidade da superfície, maior será a amplitude térmica e conseqüentemente, a temperatura do solo sofrerá uma alteração de forma mais rápida em resposta à incidência da radiação solar e essa maior influência da temperatura do ar (abaixo do dossel) na temperatura do solo no período chuvoso ocorre devido ao processo de condução e principalmente de convecção, sendo estes responsáveis pelas trocas de calor, atuando bem próximos do solo aquecendo o ar (BÍSCARO, 2007) e agindo na interação do fluxo de calor sensível e vapor d'água entre a superfície do solo até a copa das plantas, que no período chuvoso ocorre de forma mais intensa (SILANS et al. 2003).

As interações entres as temperaturas do ar acima e abaixo do dossel e a temperatura do solo geraram correlações positivas classificadas como forte segundo a metodologia de Dancey e Reidy (2005), com exceção da correlação da temperatura (acima do dossel) e a temperatura do solo, no período chuvoso que se enquadrou como moderado (Tabela 4).

Tabela 3: Tabela de classificação do coeficiente de correlação Pearson (r) para as correlações temperaturas do ar acima e abaixo do dossel de um monocultivo de açaí e temperatura do solo na camada de 30 cm, no período chuvoso e seco, em Castanhal – PA., segundo Dancey e Reidy (2005).

Período Chuvoso			
	Tar (acima do dossel)	Tar (abaixo do dossel)	T solo
Tar (acima do dossel)			
Tar (abaixo do dossel)	FORTE	FORTE	
T solo	MODERADO	FORTE	FORTE
Período Seco			
	Tar (acima do dossel)	Tar (abaixo do dossel)	T solo
Tar (acima do dossel)	FORTE		
Tar (abaixo do dossel)	FORTE	FORTE	
T solo	FORTE	FORTE	FORTE

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As correlações foram positivas entre as temperaturas acima e abaixo do dossel e a temperatura do solo na profundidade de 30 cm, na estação chuvosa a temperatura do ar (abaixo do dossel) exerceu maior influência na elevação da temperatura do solo ($r = 0,69792$), já na estação seca essa variação foi provocada principalmente pela temperatura do ar (acima do dossel) ($r = 0,72014$), sendo classificadas como moderada na interação da temperatura (acima do dossel) e a temperatura do solo, no período chuvoso e nas demais correlações como forte, demonstrando a ação da temperatura do ar acima e abaixo do dossel de açazeiro no aumento gradativo da temperatura na camada do solo.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

BÍSCARO, G. A. *Meteorologia Agrícola Básica*. UNIGRAF. Mato Grosso do Sul. 83 p. 2007.

CARVALHO, H. P.; HONORIO, D. F.; RABELO, P. G. Estimativa da temperatura de um solo coberto com grama em função da temperatura do ar. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE - JEPEX, 2009, Recife-PE. **VI Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**. Recife-PE, 2009.

CONAB. Análise mensal, março/2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai/item/11112-acai-analise-mensal-marco-2019> >. Acesso em: 02 de maio de 2019.

CONAB. Conjuntura mensal, 01 a 31/04/2016. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_09_11_55_19_conjuntura_de__acai_sete_mbro_-16-1.pdf >. Acesso em: 02 de maio de 2019.

DINIZ, J. M. T., Aranha, T. R., Sousa, E. P., Wanderley, J. A. C., Sousa, E. P., & Maracajá, P. B. Avaliação da difusividade térmica do solo de Campina Grande-PB-Brasil. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 9, n. 2, p. 55-60, 2013.

Embrapa. 1991. Physic-hydric characterization of main soils of the Legal Amazonia: I Pará State. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Belém (Relatório técnico). (in Portuguese)

FARIAS, V.D.S. et al. Water demand, crop coefficient and uncoupling factor of cowpea in the eastern Amazon. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 190 – 200 jan. – mar., 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n121rc>.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005.

- LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, **Departamento de Solos e Engenharia Agrícola**, 2007. 130 p.
- MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. Clima e Ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**, 2008.
- OLIVEIRA, L. P. de et al. **Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Açaí no Estado do Pará - PROAÇAÍ – PA**. Belém: SEDAP, 2016.
- OLIVEIRA, M. C. F.; PEREIRA, M. G. P.; OLIVEIRA, J. B.; SOUZA, P. F. S.; COSTA, A. C. L.; COSTA, J. P. R. Condições Ambientais e Micrometeorológicas do Ecossistema de Caxiuanã- PA. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu-PR, 2002.
- OLIVEIRA, M.; CARVALHO, J. D.; NASCIMENTO, W. D.; & MULLER, C. Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 2002.
- OLIVEIRA, S. S. et al. Difusividade térmica do solo de Campina Grande para dois períodos do ano. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 2, p. 179-189, 2010.
- PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; COSTA, J.M.N.; CHAVES, J.H. Temperatura do solo no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.1-8, 2002.
- SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018.
- SCHNEIDER, F.M. et al. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.37-42, 1993
- SEDAP, Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca. PANORAMA AGRÍCOLA DO PARÁ 2010 / 2017. Disponível: <http://www.sedap.pa.gov.br/sites/default/files/arquivos_dados_agropecuarios/PANORAMA%20AGR%C3%8DCOLA%20DO%20PAR%C3%81%20-20A%C3%87A%C3%8D%20-%202017_0.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2019.
- SILANS, A.M.B.P.; SILVA, F. M. Bilans énergétique et hydrique en une region semi-aride dominée par la caatinga. In: Proceedings of the Conférence Internationale: **Hidrologie des régions méditerranéennes et semi-arides**. Montpellier. 2003. p. 01-04.
- TEICHRIEB, C. A. et al. Análise comparativa do regime hídrico e térmico de dois sítios experimentais no Pampa. **Ciência e Natura**, v. 38, 2016.
- WANZELER, R. T. S.; COSTA, J. P. R.; SANTOS, C. A. Variabilidade horária do perfil de temperatura do solo em um pomar de mangueiras (*Mangifera indica* L.), na localidade de Cuiarana, Salinópolis-PA. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 6, n. 1, p. 117-124, 2016.
- YOKOMIZO, G. K. I.; FARIAS NETO, J. T. de.; OLIVEIRA, M. do. S. P. de. Ganho esperado na seleção de progênies de polinização aberta de *Euterpe oleracea* para produção de frutos. **Scientia Florestalis**. v. 44. n. 109. p. 241-248. 2016.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: UFV, 1991.

ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NOS PERÍMETROS IRRIGADOS DO ESTADO DE SERGIPE

Marisa Silva Vieira¹; Genilza Almeida da Graça¹; Saulo de Jesus Dantas¹; Inaja Francisco de Souza
Autor para correspondência: marisa_silva02@hotmail.com

¹Discente de Graduação na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe; ²Professor da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe

RESUMO

O presente trabalho objetivou-se, estimar a evapotranspiração de referência por diversos métodos, nos principais perímetros irrigados do Estado de Sergipe e em seguida realizar correlação estatística para verificar o melhor método a ser aplicado. A estimativa de evapotranspiração para os principais perímetros irrigados de Sergipe, é essencial para um melhor manejo da irrigação e consequentemente, redução do uso da água por causa da irrigação. Logo os métodos que melhor se correlacionaram com Penman-Monteith, padrão recomendado pela FAO foram: Em Itabaiana – Hargreaves-Samani (Índice de confiança 0,86); Lagarto – Priestley-Taylor (Índice de confiança 0,94); Platô de Neópolis - Priestley-Taylor (Índice de confiança 0,97); Tobias Barreto – Radiação-FAO (Índice de confiança 0,86); Canindé do São Francisco - Priestley-Taylor (Índice de confiança 0,56).

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração de referência; Perímetro irrigado; Correlação estatística

ANALYSIS OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE IRRIGATED PERIMETERS OF THE STATE OF SERGIPE

ABSTRACT

The present work aimed to estimate the reference evapotranspiration by several methods in the main irrigated perimeters of the State of Sergipe and then to perform a statistical correlation to verify the best method to be applied. The estimation of evapotranspiration for the main irrigated perimeters of Sergipe is essential for better irrigation management and, consequently, reduction of water use due to irrigation. Therefore, the methods that best correlated with Penman-Monteith, FAO's recommended standard were: Itabaiana - Hargreaves-Samani (confidence index 0.86); Lagarto - Priestley-Taylor (confidence index 0.94); Platô de Neópolis - Priestley-Taylor (confidence index 0.97); Tobias Barreto - FAO Radiation (confidence index 0.86); Canindé do São Francisco - Priestley-Taylor (confidence index 0.56).

KEY-WORDS: Reference evapotranspiration; Irrigated perimeter; Statistical correlation

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a irrigação tornou-se um elemento importante para o desenvolvimento da agricultura, além de ser uma das principais atividades humanas que mais consome água no mundo. A irrigação proporciona equilíbrio da produção principalmente nas regiões áridas e semiáridas, além de possuir seu valor em outras regiões, impedindo possíveis interferências pela escassez de água. Embora uma das maiores consequências ambientais da agricultura intensiva possa ser a degradação do solo e da água. Essa

degradação atinge águas superficiais e subterrâneas pelos aportes agrícolas de agrotóxicos, adubos minerais e orgânicos.

A agricultura irrigada, principalmente em zonas secas, tem afetado o meio ambiente de forma dramática com impactos que podem conduzir à degradação do solo e das águas, com perdas parciais ou totais da produtividade. A necessidade de conservação dos recursos hídricos e redução nos custos de produção, principalmente de energia e de insumos, devem, por meio dos sistemas de irrigação e manejo, proporcionar aplicação de água uniforme e eficiente.

Para que a agricultura irrigada se mantenha sustentável, em parâmetros ambientais, ela precisa ser eficiente no uso da água na irrigação, como também no uso dos agroquímicos que quando são aplicados às plantas ou ao solo, de maneira incorreta, podem causar contaminação dos recursos hídricos subterrâneos. Para se conseguir uma otimização da eficiência de uso de água, de maneira a contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos, pode ser feita de duas formas: com base nas curvas de respostas físicas da produtividade e da eficiência de uso de água (EUA), que por sua vez, é calculada como a razão entre a produtividade e o volume de água aplicado. Todavia, essa meta pode ser atingida quando se atua nas técnicas que permitam aumento da EUA; na estrutura de irrigação, em termos de tipos de cultivo, sistemas de irrigação e gestão do uso de água e nos métodos de manejo da irrigação.

Nesse contexto, o uso de técnicas e tecnologias eficiente dos recursos hídricos se torna essencial para o desenvolvimento da agricultura e da especial humana. Portanto um dos métodos usados é a análise de evapotranspiração de referência é fundamental para o dimensionamento do sistema de irrigação, logo da lâmina d'água aplicada no sistema (Ednaldo A. Mendonça, 2008). Sendo avaliado nesse trabalho de acordo com os dados climáticos de cada região através de series históricas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se, estimar a evapotranspiração de referência por diversos métodos, nos principais perímetros irrigados do Estado de Sergipe e em seguida realizar correlação estatística para verificar o melhor método a ser aplicado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os perímetros trabalhados nesta pesquisa estão localizados no Estado de Sergipe, situados em diferentes regiões climáticas, possuindo atividades agrícolas de pequenos produtores como: Califórnia, Piauí, Jacarecica, Poço da Ribeira, Jabiberi e Platô de Neópolis.

O perímetro localiza-se no município de Canindé do São Francisco, no extremo Noroeste do Estado de Sergipe, no Território do Alto Sertão, distando 213 Km de Aracaju, 183 Km para Terminal Marítimo Inácio Barbosa.

O Perímetro está subdividido em 333 lotes, distribuídos entre 272 agricultores irrigantes e outros 61 que atuam na área de sequeiro e contam com um ponto de água para consumo humano, animal e para pequenas hortas domésticas. Nas áreas irrigáveis, é utilizada a tecnologia de irrigação por aspersão convencional e irrigação localizada, microaspersão e gotejamento.

O perímetro irrigado Piauí está localizado no município de Lagarto, no Território Centro Sul, distante 69 Km de Aracaju, 6 Km da sede municipal e 93 Km para o Terminal Marítimo Inácio Barbosa. A área do Perímetro está totalmente contida dentro da bacia do Rio Piauí. O Perímetro Irrigado, está situado à leste da margem esquerda do lago, tem a sua rede de drenagem natural constituída pelos pequenos riachos tributários do Piauí.

O perímetro de Itabaiana é constituído por 130 lotes de 2 hectares cada um, totalizando aproximadamente 282 há. O número de famílias assentadas é de 124, portanto, 124 unidades produtivas, correspondendo a

uma área de 248 hectares. Assim, a área líquida irrigável do Perímetro totaliza 252 hectares, considerando-se os dois lotes destinados à pesquisa agrícola.

O Perímetro Irrigado Jabiberi localiza-se na região Sul do Estado de Sergipe, no município de Tobias Barreto, Território Centro Sul, distante 123 Km de Aracaju, 23 Km da sede municipal e 149 Km para o Terminal Marítimo Inácio Barbosa. O Perímetro Irrigado Jabiberi é composto por uma barragem de concreto, no rio do mesmo nome, com 21,5 metros de altura 290 metros de comprimento de crista e vertedor, formando um reservatório que ocupa uma área de 60 hectares e é capaz de acumular 4,3 milhões de metros cúbicos de água.

O Distrito de Irrigação do Platô de Neópolis está localizado no nordeste do Estado de Sergipe (10,276 S e 36,758 O, e 10,390 S e 36,570 O), à margem direita do Baixo Vale do Rio São Francisco. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como As' – tropical chuvoso com verão seco, sendo o início da estação chuvosa adiantada para o outono. A precipitação média anual varia entre 900 e 1.100 mm. O período chuvoso concentra-se entre os meses de abril a julho. As temperaturas médias anuais variam em torno de 26°C e a umidade relativa do ar, de 73%. Os solos predominantes na área são Argissolos Amarelos e Acinzentados, com presença de camada coesa entre 0,3 a 0,6 m.

Foram utilizados dados climáticos de series históricas do ano de 2008, retirados da plataforma da ASCONDIR (Associação dos concessionários do Distrito de Irrigação do Platô de Neópolis) e da COHIDRO (Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe), valores diários de temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa (máxima, mínima e média), velocidade do vento, radiação solar, latitude, altitude, dia juliano. Utilizando-os nos métodos citados a seguir.

Modelos utilizados:

Hargreaves-Samani (ET_o (H-S))

Através do método de Hargreaves (1974), obteve a equação em mm d⁻¹:

$$ET_o = 0,0023 (T_{med} + 17,8) * (T_{max} - T_{min})^{0,5} * Ra \quad (01)$$

em que: E_{to} = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); T_{med} = temperatura média (°C), T_{max} = temperatura máxima (°C) e T_{min} = temperatura mínima (°C); Ra= radiação extraterrestre (MJm⁻²dia⁻¹).

Priestley-Taylor (ET_o (P-T))

Evapotranspiração de referência obtida pelo método proposto por Priestley-Taylor revelado abaixo:

$$ET_o = \frac{\alpha W (R_n - G)}{\lambda}$$

(02)

em que: α = é o parâmetro de Priestley & Taylor; R_n = saldo de radiação em ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G – o fluxo diário de calor no solo em ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); γ = calor latente de evaporação de água, MJ kg^{-1} ; W = o fator de ponderação, que varia em função de temperatura do ar, $^{\circ}\text{C}$ e do fator psicrométrico, estimado por Viswanadham et al. (1991) nas equações 03 e 04:

$$\text{para } 0 < T < 16^{\circ}\text{C} \quad (03)$$

$$\text{para } 16,1 < T < 32^{\circ}\text{C} \quad (04)$$

Radiação-FAO ($E_{To (F-R)}$)

No método de radiação o fator de correção está relacionado com a velocidade do vento e a umidade e a umidade relativa da região.

(05)

$$E_{ToR} = fr \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) R_s$$

em que: E_{ToR} = evapotranspiração de referência dada em (mm d^{-1}); R_s = radiação solar global incidente na superfície, ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); Δ = inclinação da curva de saturação do vapor, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$; γ = coeficiente psicrométrico, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Blaney-Cridle ($E_{To (B-C)}$)

Evapotranspiração de referência estimada através do modelo proposto por Blaney-Cridle.

$$E_{To} = c \{(0,457 T + 8,13)P\}$$

(06)

em que: c = coeficiente regional de ajuste da equação (tabelado em função do brilho solar, velocidade do vento e umidade relativa mínima); T = temperatura média mensal, em °C; P = percentagem mensal de horas anuais de luz solar.

Penman-Monteith (ET_o (P-M))

Evapotranspiração de referência estimada pelo método padrão (Allen et al., 1998), recomendado pela FAO, descrita na equação abaixo:

$$ET_o = \frac{0,48 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$$

(07)

em que: Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa ; R_n = saldo de radiação à superfície, em MJ.m⁻².dia⁻¹; G = fluxo de calor no solo, em MJ.m⁻².dia⁻¹; γ = constante psicrométrica, em kPa.°C⁻¹; T = temperatura do ar em °C; U_2 = velocidade do vento à altura de 2 m, em m.s⁻¹; e_s = pressão de saturação de vapor, em kPa; e_a = pressão de vapor atual do ar, em kPa.

Classificação Estatísticas

No sentido de classificar os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência foi utilizado a classificação sugerida por Hopkins (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Platô de Neópolis

As principais variáveis meteorológicas no perímetro de irrigação do Platô de Neópolis, com base nas quais pode-se observar que a temperatura máxima foi de 29,6 °C, mínima de 19,8 °C, existindo uma amplitude térmica em torno de 10 °C. Outra variável importante para o manejo da irrigação é saber a velocidade do vento, nesse caso o valor máximo registrado foi 2,69 m s⁻¹ e o mínimo de 0,31 m s⁻¹, a radiação solar extraterrestre máxima foi 39,68 MJ m⁻² dia⁻¹ e a precipitação total anual foi de 1319,70 mm sendo registrado o valor máximo de 52 mm ocorrido no dia 04 de julho de 2008. A figura 1, representa o comportamento da evapotranspiração de referência estimada através dos diversos métodos utilizados, com base na figura, observou-se, comportamento similar entre os métodos, ET_o(P-T) e ET_o(R-S). Enquanto os menores valores foram estimados através do método ET_o(H-S).

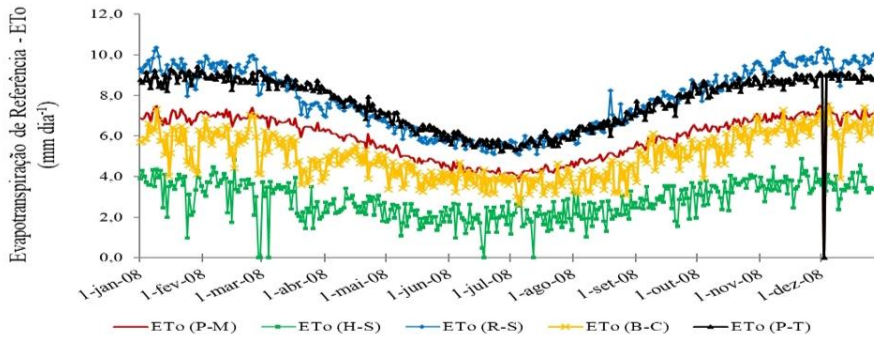


Figura 1: Comportamento da evapotranspiração de referência (ETo) para o ano de 2008, através dos métodos Penman-Monteith (P-M); Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e Piestley-Taylor.

Observa-se na Figuras 2, representação das melhores correlações estatísticas obtidas através dos modelos de estimativa da ETo pelos métodos de F-R e P-T respectivamente, apresentaram ajustes regular em relação ao método padrão de P-M, com aproximadamente 81,9% e 97,9% respectivamente.

Chagas et al. (2013) comparou métodos de estimativa de evapotranspiração para o município de Rio Real (BA) e observou que os modelos de estimativa da EToPenman 63(63Pn), FAO-Penman corrigido (FcPn), FAO- Radiação (FRad) e FAO- Blaney-Cridlle(B-C) apresentaram ótimos ajustes ao método padrão (P-M), aproximadamente 98,4%, 97,7%, 95% e 83,5%, respectivamente. Já o modelo de (H-S) não apresentou um bom ajuste ao método padrão (P-M), aproximadamente 52%.

Silva et al. (2009) compararam métodos de (ETo) para os perímetros irrigados de Sergipe (Califórnia, Jacarecica, Piauí e Jabiberi), e determinaram que em relação ao método padrão P-M, o método H-S teve ajuste “muito bom”, para os quatros perímetros, variando de 85% á 88%. Já o método P-T obteve um “ótimo” ajuste em três perímetros com 92% para o perímetro Califórnia, 96% para o perímetro Jacarecica e 97% para o perímetro Piauí, e para o perímetro Jabiberi o ajuste foi “bom” com 77%. Para o método de J-H, os resultados respectivamente foram 92%, 94% e 94% e para o perímetro de Jabiberi com 76%. Podemos observar ainda na Figura 1 que todos os métodos, H-S (1b), B-C (1d) e P-T (1f), tenderam a subestimar os valores da ETo em relação ao método P-M em: 7,8%, 32,92% e 3,75% respectivamente.

Segundo Chagas et al. (2013) quando fez uso de métodos empíricos para estimativa de evapotranspiração no município de Rio Real (BA), observou que métodos Penman 63(63Pn), FAO-Penman corrigido (FcPn), FAO Radiação (FRad) e (H-S) tenderam a superestimaram os valores de ETo em relação ao método de Penman-Monteith (P-M) em: 2,48; 13,7; 9,32 e 20,55%, respectivamente, apenas (B-C) subestimou os valores de ETo em 18,14%.

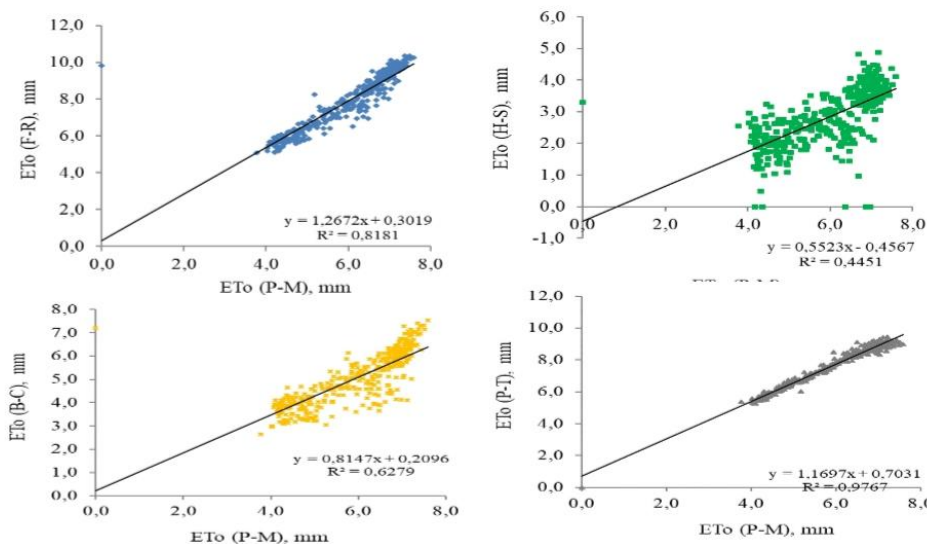


Figura 2: Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o) para o ano de 2008, através dos métodos estimados segundo Penman-Monteith (P-M) (eixo x) em relação aos métodos Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e; Piestley e Taylor, (eixo y).

Perímetro de irrigação Jacarecica e Poço da Ribeira

As principais variáveis meteorológicas no perímetro de irrigação do Jacarecica, com base nas quais pode-se observar que a temperatura máxima foi de 36,0 °C, mínima de 25,0 °C, existindo uma amplitude térmica em torno de 11 °C. Outra variável importante para o manejo da irrigação é saber a velocidade do vento, nesse caso o valor máximo registrado foi 3,03 m s⁻¹ e o mínimo de 0,08 m s⁻¹, a radiação solar extraterrestre máxima foi 39,92 MJ m⁻² dia⁻¹ e a precipitação total anual foi de 1180,13 mm sendo registrado o valor máximo de 118,50 mm ocorrido no mês de maio. A figura 3, representa o comportamento da evapotranspiração de referência estimada através dos diversos métodos utilizados, com base na figura, observou-se, que os maiores valores foram obtidos através do método, ET_o(R-S). Enquanto os menores valores foram estimados através do método ET_o(H-S).

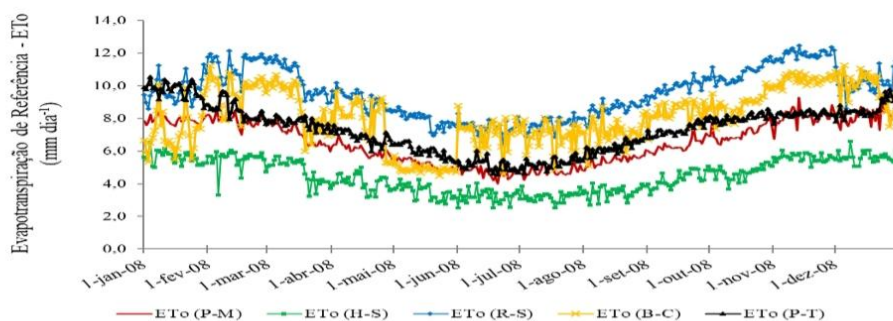
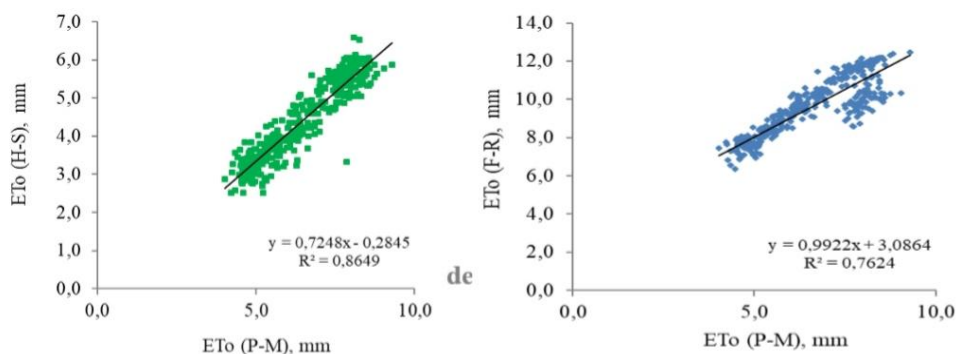


Figura 3: Comportamento da evapotranspiração de referência (ET_o) para o ano de 2008, através dos métodos Penman-Monteith (P-M); Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e Piestley-Taylor.

Observa-se através das figuras 4, os modelos de estimativa da ET_o dos quais H-S e P-T, apresentaram ótimos ajustes de 0,86 e 0,84 em relação ao método padrão P-M.

Fanaya Júnior et al. (2012), comparando métodos empíricos para estimativa da (ET_o) para Aquidauana-MS, determinaram que o método de P-T teve ajuste ótimo com aproximadamente 95%, o método de H-S teve ajuste muito bom com aproximadamente 76,8% e o método J-H Teve ajuste bom com 75%.



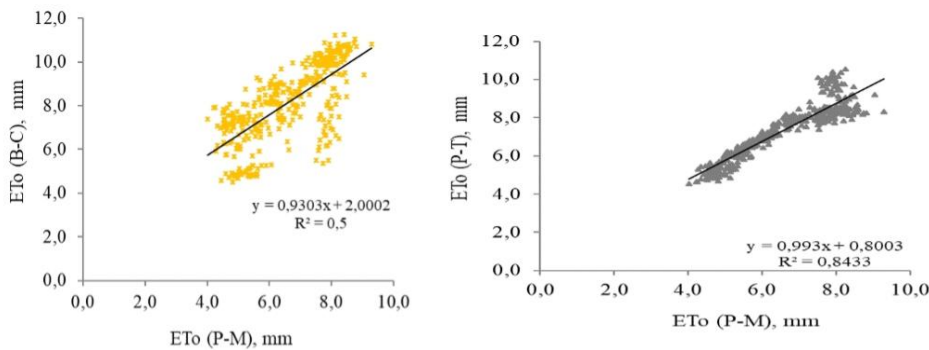


Figura 4: Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) para o ano de 2008, através dos métodos estimados segundo Penman-Monteith (P-M) (eixo x) em relação aos métodos Blaney e Criddle e; Piestley e Taylor, (eixo y).

Perímetro de irrigação Piauí

A variação temporal das principais variáveis meteorológicas no perímetro de irrigação Piauí, com base nas quais pode-se observar que a temperatura máxima foi de 39,0 °C, mínima de 23,40 °C, existindo uma amplitude térmica em torno de 15,6 °C. Outra variável importante para o manejo da irrigação é saber a velocidade do vento, nesse caso o valor máximo registrado foi 2,79 m s⁻¹ e o mínimo de 0,46 m s⁻¹, a radiação solar extraterrestre máxima foi 39,96 MJ m⁻² dia⁻¹, com precipitação total anual de 1061,60 mm, sendo registrado o valor máximo de 47,50 mm no mês de maio. A figura 5 representa o comportamento da evapotranspiração de referência estimada através dos diversos métodos utilizados, com base na figura, observou-se, que os maiores valores foram obtidos através do método, ETo(R-S). Enquanto os menores valores foram estimados através do método ETo(H-S).

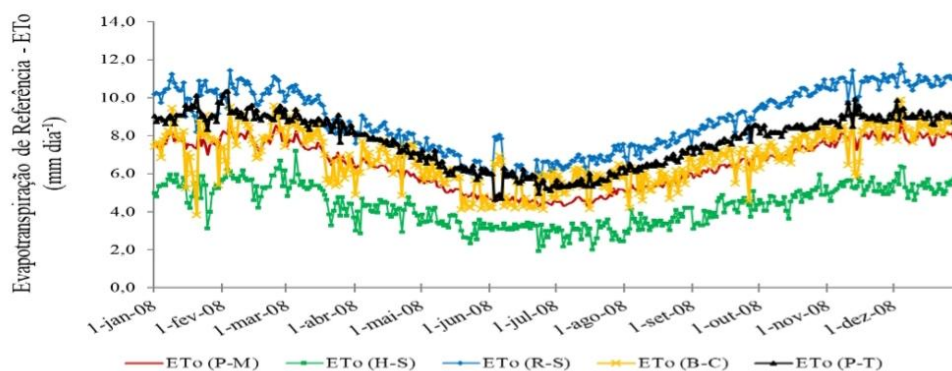


Figura 5: Comportamento da evapotranspiração de referência (ETo) para o ano de 2008, através dos métodos Penman-Monteith (P-M); Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e Piestley-Taylor.

Para o perímetro de irrigação do Piauí, todos os métodos propostos apresentaram ótima correlação, de acordo com as Figuras 6 (a), (b), (c) e (d).

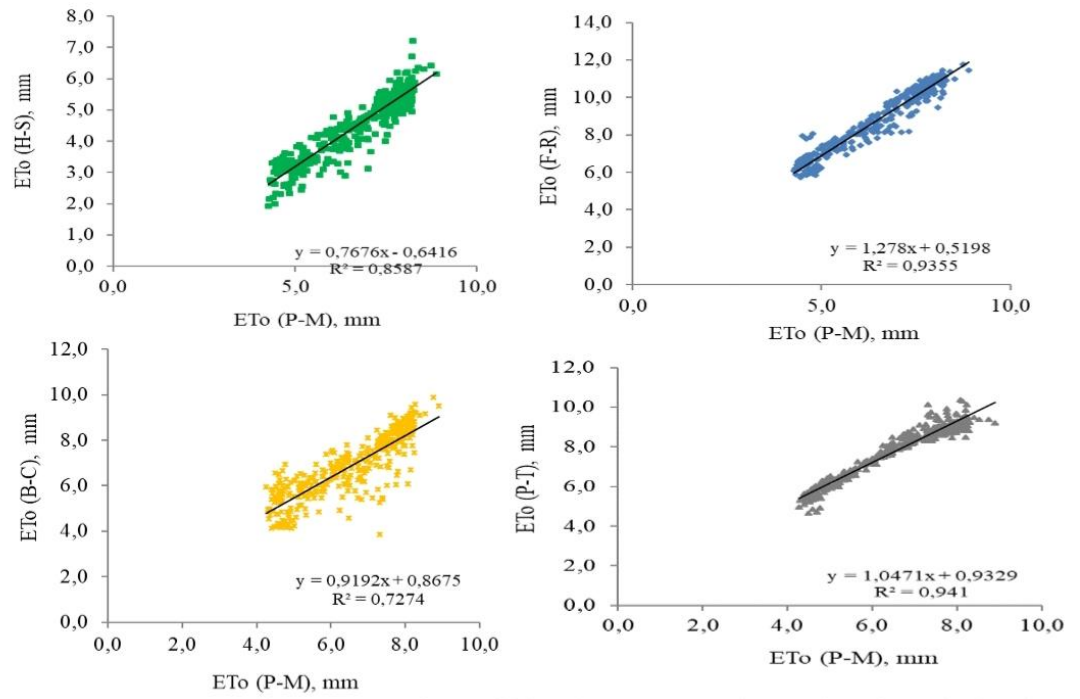


Figura 6: Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) para o ano de 2008, através dos métodos estimados segundo Penman-Monteith (P-M) (eixo x) em relação aos métodos Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e; Priestley e Taylor, (eixo y).

Perímetro de irrigação Califórnia

Para o manejo da irrigação é necessário saber a temperatura máxima, 40,50 °C, mínima de 16 °C, existindo uma amplitude térmica em torno de 24,50 °C. Outra variável importante é saber a velocidade do vento, nesse caso o valor máximo registrado foi 4,26 m s⁻¹ e o mínimo de 0,01 m s⁻¹, a radiação solar extraterrestre máxima foi 39,57 MJ m⁻² dia⁻¹ e a precipitação total anual de 503,88 mm, sendo registrado o valor máximo de 51,30 mm no mês de fevereiro de 2008. A figura 7, representa o comportamento da evapotranspiração de referência estimada através dos diversos métodos utilizados, com base na figura, observou-se, que os maiores valores foram obtidos através do método, ETo(R-S). Enquanto os menores valores foram estimados através do método ETo(H-S).

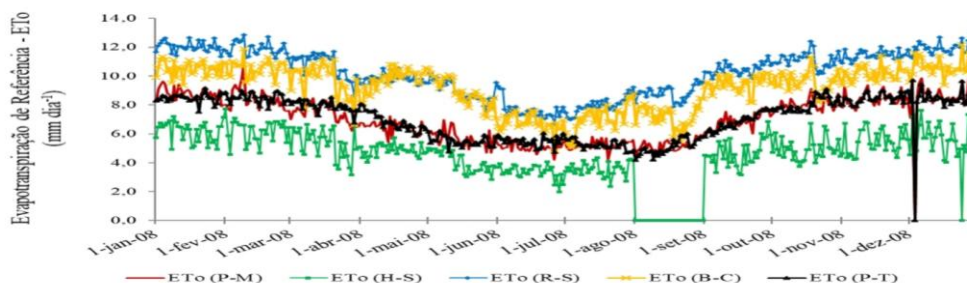


Figura 7: Correlação entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) para o ano de 2008, através dos métodos estimados segundo Penman-Monteith (P-M); Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e Priestley-Taylor.

No perímetro de irrigação Califórnia os métodos propostos por Priestley-Taylor e ETo (F-R), registrado pela figura 8, foram os que apresentaram as melhores correlações de 0,81 e 0,87 respectivamente. classificado como muito alta para o perímetro de Piauí; e Blaney-Cridlle com Índice de confiança 0,72.

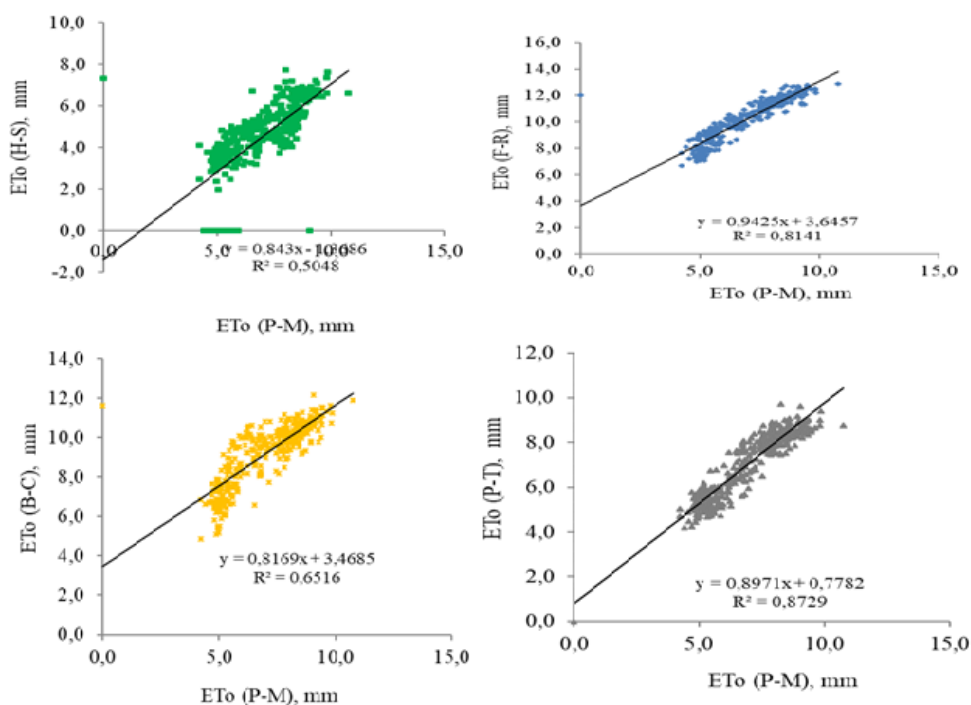


Figura 8: Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) para o ano de 2008, através dos métodos estimados segundo Penman-Monteith (P-M) (eixo x) em relação aos métodos Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e; Priestley e Taylor, (eixo y).

Perímetro de irrigação Jabiberi

A variação temporal das principais variáveis meteorológicas no perímetro de irrigação Jabiberi, com base nas quais pode-se observar que a temperatura máxima foi de 38,50 °C, mínima de 21 °C, existindo uma amplitude térmica em torno de 17,50 °C. Outra variável importante para o manejo da irrigação é saber a velocidade do vento, nesse caso o valor máximo registrado foi 4,56 m s⁻¹ e o mínimo de 0,56 m s⁻¹, a radiação solar extraterrestre máxima foi 39,83 MJ m⁻² dia⁻¹ e a precipitação total anual 1000,80 mm, sendo registrado o valor máximo de 80,60 mm em abril de 2008. A figura 9, representa o comportamento da evapotranspiração de referência estimada através dos diversos métodos utilizados, com base na figura, observou-se, que os maiores valores foram obtidos através do método, ETo(R-S). Enquanto os menores valores foram estimados através do método ETo(H-S).

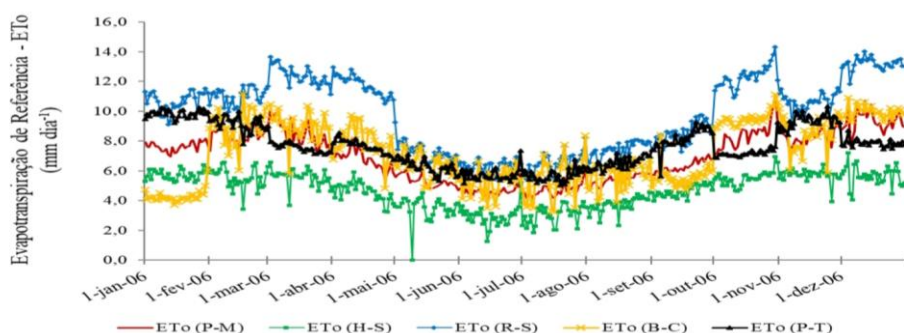


Figura 9: Comportamento da evapotranspiração de referência (ET_o) para o ano de 2008, através dos métodos Penman-Monteith (P-M); Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e Priestley-Taylor.

No perímetro de irrigação Jabiberi o método proposto por ET_o (F_R), apresentou a melhor correção 0,86 em relação aos demais,

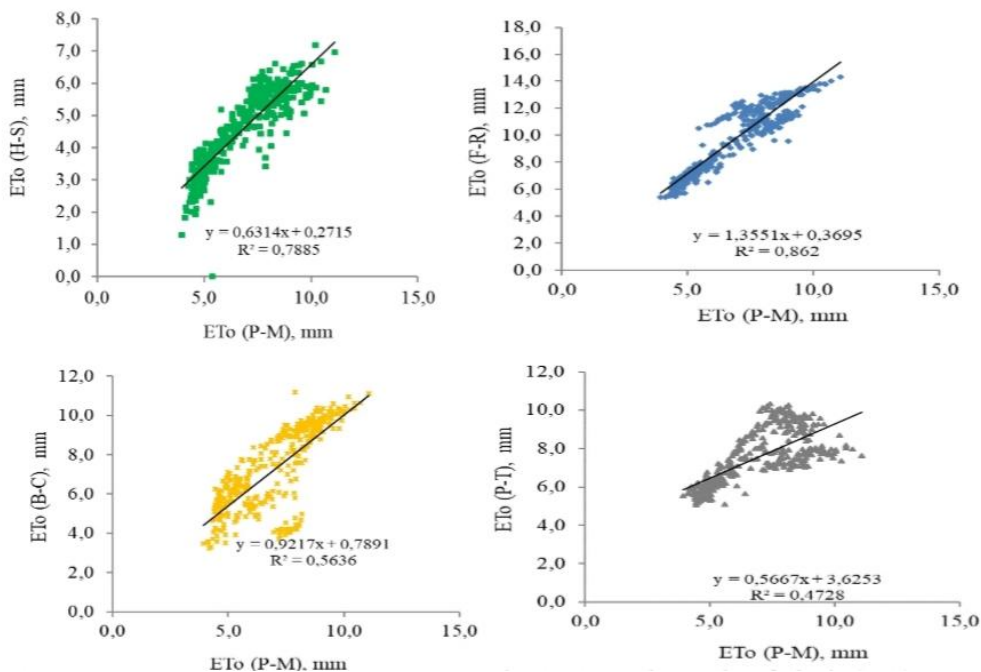


Figura 10: Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o) para o ano de 2008, através dos métodos estimados segundo Penman-Monteith (P-M) (eixo x) em relação aos métodos Hargreaves e Samani; Radiação-FAO; Blaney e Criddle e; Priestley e Taylor, (eixo y).

Observando que os métodos mais eficientes para os perímetros de Sergipe foram Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, comparando-os com o trabalho de Sousa et al. 2010, se iguala em um dos métodos analisado como um dos mais eficientes para essa região. Diferenciando apenas pela presença de Hargreaves-Samani que foi analisado apenas nesse trabalho. Já em Campina Grande, PB, o método que mais se correlacionou foi o de Radiação-FAO, tomando como base o trabalho desenvolvido por Mendonça, 2010.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A estimativa de evapotranspiração para os principais perímetros irrigados de Sergipe, é essencial para um melhor manejo da irrigação e conseqüentemente, redução do desperdício de água por causa da irrigação. Logo os métodos que melhor se correlacionaram com Penman-Monteith, padrão recomendado pela FAO foram: Itabaiana - Hargreaves-Samani (Índice de confiança 0,86); Lagarto - Priestley-Taylor (Índice de confiança 0,94); Platô de Neópolis - Priestley-Taylor (Índice de confiança 0,97); Tobias Barreto - Radiação-FAO (Índice de confiança 0,86); Canindé do São Francisco - Priestley-Taylor (Índice de confiança 0,56).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Artigo em revista acadêmica

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil** / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. – Brasília: ANA, SPR, 2014.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **As águas da agricultura**. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro. 1998. p.27-28.

CHRISTOFIDIS, D. **Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil**. Brasília, 2006. 18p

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DE SERGIPE. **Dados de Bombeamento de água para fins de irrigação, no perímetro irrigado Poção da Ribeira, 2011**.

DOMINGUES, A. F. **Visão da ANA sobre a irrigação e sua inserção na gestão de recursos hídricos**. In: Seminário: O estado da arte da agricultura irrigada e as modernas tecnologias no uso racional da água na irrigação. Anais. Brasília, 2004.

Ednaldo A. Mendonça² & Renilson T. Dantas². **Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB1**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2008.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3^a ed. Campina Grande. Ed.UFPB. 1999.

GONZAGA, L. S. **Variabilidade Espacial e Temporal da Evapotranspiração de Referência no Estado de Sergipe**. São Cristóvão, SE; Universidade Federal de Sergipe: Aracaju, 2016.

HERNANDES, F. B. T. **O desenvolvimento da irrigação e sua relação com o agronegócio**. UNESP: Hidráulica e Irrigação. Ilha Solteira – SP, 2003.

Inajá F. de Sousa¹, Vicente de P. R. da Silva², Fabiana G. Sabino¹, Antenor de O. A. Netto¹, Bruce K. N. Silva¹ & Pedro V. de Azevedo². **Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe**. São Cristóvão, SE; Universidade Federal de Sergipe: Aracaju, 2008.

LOPES, Eliano Sérgio Azevedo, MOTA, Dalva Maria da. **Tecnologia e renda na**

agricultura familiar irrigada de Sergipe. São Cristóvão, SE; Universidade Federal de Sergipe; Aracaju: Embrapa-CPATC, 1997, 186p.

MANTOVANI E. C; DELAZARI FT; DIAS LE; ASSIS IR; VIEIRA GHS; LANDIM FM. 2013. **Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação.** Horticultura Brasileira31: 602-606.

MELLO, J.L.P.; SILVA, L. D. B.; **Irrigação.** Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro. Rio De Janeiro,155p, 2009. Apostila

MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. **Symp. Soc. Exp. Biology. London**, 19:205-34, 1965.

Moreira, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração.** Piracicaba, FEALQ. 1997. 193p.

SCHMIDT, W., COELHO, R. D., JACOMAZZI, M. A., ANTUNES, M.A. H. **Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I – Região Sudeste.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.8, n. 2/3, p. 330 – 333, 2004.

SMITH, M., Ed. **Report on the expert consultation on produceres for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requeriments.** Rome: FAO, 1991. 45p.

Artigo em site institucional

FAO. **Situación de laseguridad alimentaria en América Latina y El Caribe.** Disponível em <www.fao.org/efs/spanish/LAR96-4.htm>1996a.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Agricultura. Companhia do Desenvolvimento de

Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe. COHIDRO. **Programa de Apoio Tecnológico nos Perímetros Irrigados Administrados pela COHIDRO.** Aracaju, 2000.

SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE EM SOJA

Lana Bruna de Oliveira Engers¹; Sidinei Zwick Radons²; Pedro Henrique Welter³; Eduardo Steinmetz Pies³; Aline Ulzefer Henck³
Autor para correspondência: engers.lana@gmail.com

¹Discente de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis na Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ²Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ³Discente de Graduação em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Rio Grande do Sul

RESUMO

O objetivo do trabalho foi estabelecer um sistema de previsão para a ocorrência de ferrugem asiática na soja com base em variáveis meteorológicas com intervalos diferentes de aplicação de fungicidas. As cultivares SYN 156 (convencional) e TMG 7363 RR (resistente) foram semeadas dia 22/11/2018 e realizadas as aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, conforme o sistema de previsão indicou, para os 6 tratamentos: Aplicação calendarizada a cada 21 dias a partir de R1, testemunha sem aplicação, 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada. Nos tratamentos de 11VSC e 9VSC foram realizadas duas aplicações de fungicida, três aplicações no tratamento 7VSC e, no tratamento 5VSC e calendarizado, quatro aplicações, conforme o sistema de previsão. Após a estimativa da produtividade conclui-se que o não houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo o tratamento 9VSC o de maior rendimento, mesmo com apenas duas aplicações, tanto na cultivar resistente quanto convencional, com 4878,6 e 4540,4 kg ha⁻¹, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Glycine max; Phakopsora pachyrhizi; previsão de doença

FORECAST SYSTEM FOR SOYBEAN RUST MANAGEMENT AND YIELD

ABSTRACT

This study aimed to establish a forecast system for the occurrence of soybean rust based on meteorological variables with different intervals of fungicides application. The cultivars SYN 156 (conventional) and TMG 7363 RR (resistant) were planted on 11/22/2018 and the fungicide applications for soybean rust control were carried out, according to the forecasting system indicate, for the 6 treatments: every 21 days from R1, control without application, 11, 9, 7 and 5 calculated severity values. In the treatments of 11VSC and 9VSC two fungicide sprays were performed, three sprays in the 7VSC treatment and, in the 5VSC treatment and calendarized, four sprays, according to the forecasting system. After the productivity estimation, it was concluded that there was no significant difference among the treatments, and the 9VSC treatment had the highest yield, even with only two applications, in both resistant and conventional cultivars, with 4878.6 kg ha⁻¹ and 4540.4 kg ha⁻¹, respectively.

KEY-WORDS: Glycine max; Phakopsora pachyrhizi; disease forecast

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) constitui uma das dez culturas de maior importância econômica a nível mundial por ser uma das principais fontes de concentrados proteicos e de óleo vegetal (DÍAZ et al., 1992). No entanto, existem vários fatores que limitam a sua produção e a sua produtividade no Brasil, como as adversidades climáticas, ocorrência de vários insetos nocivos, plantas daninhas e as doenças (GARDIANO et al, 2010).

Segundo Yorinori (2002), existem cerca de 50 doenças de soja catalogadas no Brasil e, dentre essas doenças, a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, é a que vem provocando maiores níveis de danos à cultura, devido a sua rápida disseminação e virulência. Com o aparecimento da ferrugem asiática, o uso de fungicidas na cultura da soja aumentou, sendo o método mais utilizado para controlar o fungo e evitar reduções na produtividade, danos na produção e perdas ao produtor (GARCÉS, 2011).

Informações sobre a eficiência de fungicidas para controle das diferentes doenças são cada vez mais necessárias para orientar a sua correta utilização no campo (GODOY et al., 2007). A grande maioria das doenças das culturas que mais empregam fungicidas tem sido controlada empiricamente, ou seja, sem usar os fundamentos epidemiológicos (BERGAMIN FILHO et al., 1995), causando danos ao ambiente e à saúde humana.

Alternativas para controle químico mais racional precisam ser consideradas, tais como a utilização dos sistemas de previsão de ocorrência da doença (TRENTIN, 2006). Esses sistemas têm a competência de indicar os períodos em que as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento das doenças. Com essas informações pode-se determinar o momento mais apropriado para as aplicações de fungicidas, sem o risco de incorrer em erro, já que a decisão é baseada em critérios científicos previamente testados (RADONS, 2010).

Em sistemas de previsão de doenças podem ser considerados diferentes elementos meteorológicos, sendo os mais usados a temperatura média do ar, o número de horas com umidade relativa do ar acima de 90%, o tempo de molhamento foliar e a precipitação pluvial (TRENTIN, 2006). As principais vantagens que os sistemas de previsão apresentam são: diminuição do risco de epidemias, maior lucro ao produtor pela redução do número de pulverizações e menores danos à saúde do homem e ao ambiente (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Estabelecer um sistema de previsão para a ocorrência de ferrugem asiática na soja com base em variáveis meteorológicas com intervalos diferentes de aplicação de fungicidas. Verificar os efeitos de diferentes manejos de ferrugem asiática da soja na produtividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento a campo foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo-RS (latitude: 27°08'S; longitude: 54°45'O; altitude: 258m), com predominância de Latossolo vermelho, que foi previamente submetido à análise química de macro e micronutrientes e a adubação corretiva foi realizada em pré-semeadura conforme as recomendações técnicas da cultura da soja. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida (MORENO, 1961).

Foram utilizadas duas cultivares de soja, semeadas dia 22/11/2018: a cultivar SYN 1561 é considerada convencional e a cultivar TMG 7363 RR, considerada resistente, espaçadas em 45 cm entre linhas em parcelas de 25 m², sendo tratadas com fungicidas recomendados para a ferrugem asiática conforme o sistema de previsão indicou, para os 6 tratamentos: Aplicação calendarizada a cada 21 dias a partir de R1, testemunha sem aplicação, 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada (VSC).

Para calcular o acúmulo de valores de severidade (VS), os dados foram obtidos através da Estação Meteorológica da UFFS- *Campus* Cerro Largo. O sistema de cálculo integra o resultado do tempo (t, em

horas) em que a umidade relativa do ar foi maior que 85% (UR>85%), somando quando o tempo for maior que 8 horas e a temperatura média do ar nesse período, sendo a temperatura ótima de 17° C a 28,5° C.

O cálculo diário de VSC foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$VSC = f(UR>85\%) \cdot f(T)$$

em que:

VSC: é o valor de severidade calculado para o dia

f(UR>85%): é a favorabilidade da doença em função do tempo que a umidade relativa do ar foi superior à 85%

f(T): é a favorabilidade da doença em função temperatura média do ar no período em que a umidade relativa do ar é superior à 85%

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tratamentos de 11VSC e 9VSC foram realizadas duas aplicações de fungicida, três aplicações no tratamento 7VSC e no 5VSC e calendarizado, quatro aplicações, conforme o sistema de previsão. Não foi constatada diferença significativa entre a produtividade média dos tratamentos na análise de variância em nível de 5% de probabilidade de erro. Assim sendo, a média geral de produtividades do experimento, de 4245 kg ha⁻¹, seria suficiente para descrever todos os tratamentos.

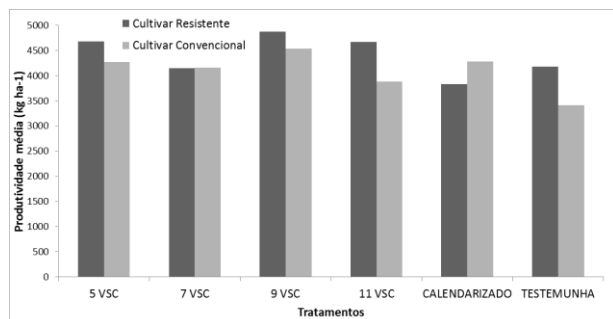


Figura 1: Produtividade da soja em função de diferentes tratamentos (5VSC, 7VSC, 9VSC, 11VSC, Calendarizado e Testemunha).

Embora não haja efeito significativo estatisticamente, na figura 1, podemos observar que a cultivar Resistente foi a que teve maior produtividade, sendo o tratamento 9VSC com o maior valor, 4878,6 kg h⁻¹, que teve apenas duas aplicações de fungicidas. O que condiz com Nunes et al (2013), a possibilidade de reduzir as aplicações com o uso de modelos de previsibilidade de ocorrência da ferrugem-asiática.

Os tratamentos 7VSC e Testemunha de ambas cultivares ficaram abaixo da média de produtividade, assim como também os tratamentos 11VSC da Convencional e Calendarizada da Resistente. A menor produtividade foi no tratamento testemunha da cultivar Convencional. Observa-se os tratamentos 5VSC e Calendarizado na cultivar resistente, ambos com quatro aplicações, tiveram diferença de produtividade na produtividade com valores 4679,1 e 3831,2 respectivamente.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que os tratamentos 9VSC e 11VSC podem ser utilizados para o manejo da ferrugem asiática da soja, pois proporcionaram produtividades que não diferiram significativamente das demais, mesmo com apenas duas aplicações de fungicidas, tanto na cultivar convencional quanto na resistente. A produtividade foi maior na cultivar resistente em relação à convencional.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERGAMIN FILHO, A. 1995. Curvas de progresso da doença. Em: Bergamin Filho, A., H. Kimati e L. Amorim. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. São Paulo, Ceres. Vol. 1.

BERGAMIN FILHO, A., e L. AMORIM. 1996. **Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico**. São Paulo, Ceres.

DÍAZ, H., I. BUSTO, O. VELÁZQUES, M. FERNÁNDEZ, J. GONZÁLEZ, y J. ORTEGA. 1992. **El cultivo de la soja para granos y forrajes**. Costa Rica, CIDA. (Boletín Técnico)

GARDIANO, C.G., BALAN M.G., FALKOSKI FILHO J., CAMARGO L.C.M., OLIVEIRA G.M. , IGARASHI, W.T. , SUDO, L.T., IGARASHI, S., ABI SAAB, O.J.G., CANTERI, M.G. **Manejo Químico Da Ferrugem Asiática Da Soja, Baseado Em Diferentes Métodos De Monitoramento**. 2010. São Paulo. Arq. Inst. Biol. v.77 .n.3. p.497-504.

GARCÉS, F.R.F. **A Ferrugem Asiática Da Soja Causada Por Phakopsora Pachyrhizi Sydow e Sydow**. Ciencia y Tecnología. 2011. 4(2):45-60

GODOY, C.V.; PIMENTA, C.B.; MIGUEL-WRUCK, D.S.; RAMOS JUNIOR, E.U.; SIQUERI, F.V.; FEKSA, H.R.; DOS SANTOS, I.; LOPES, I.O.N.; NUNES JUNIOR, J.; ITO, M.A.; IAMAMOTO, M.M.; ITO, M.F.; MEYER, M.C.; DIAS, M.; MARTINS, M.C.; ALMEIDA, N.S.; ANDRADE, N.S.; ANDRADE, P.J.M.; SOUZA, P.I.M.; BALARDIN, R.S.; BARROS, R.; SILVA, S.A.; FURLAN, S.H.; GAVASSONI, W.L. **Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2006/07: resultados sumarizados dos ensaios em rede**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 42). 8 p.

NUNES, C.D.M.; MARTINS, J. F. da S.; DEL PONTE, E. M.; **Validação de Modelo de Previsão de Ocorrência da Ferrugem Asiática da Soja com Base em Precipitação Pluviométrica**. 2018. Pelotas. Circular Técnica 199 EMBRAPA.

RADONS, Sidinei Zwick. **Severidade de ocorrência de mancha de Septoria e produtividade do girassol irrigado**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.

TRENTIN, Gustavo. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata**. 2006. 100 f. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

YORINORI, J. T. **Situação atual das doenças potenciais no cone sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.171- 187.

ENOS CANÔNICO NA DURAÇÃO DO CICLO DE CULTURAS ANUAIS EM CAMPOS NOVOS E LAGES, SC

Matheus Luís Caron¹; Rosandro Boligon Minuzzi¹
Autor para correspondência: matheuscaron@outlook.com

¹Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

RESUMO

O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é considerado a principal fonte de variabilidade interanual global. Os efeitos desse fenômeno afetam a agricultura gerando impactos a produtividade e duração de ciclo das culturas, devido a influência sobre a temperatura do ar e precipitação. Este trabalho teve como objetivo verificar a influência dos eventos ENOS Canônicos na duração do ciclo da soja, feijão e milho em diferentes épocas de semeadura nos municípios de Campos Novos e Lages, em Santa Catarina. Foram utilizados dados meteorológicos diários de 1982 a 2017 de temperatura média diária. A duração do ciclo foi determinada pelo método dos graus-dias, considerando as seguintes datas de semeadura: 1º de outubro e 15 de novembro. Na ocorrência do El Niño Canônico, houve antecipação na maturação fisiológica de quatro a seis dias, comparado aos anos neutros para Campos Novos. Em condições de La Niña não houve diferença significativa na duração dos ciclos em ambos os municípios.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura do ar; graus-dias; El Niño Oscilação Sul

ENSO CANONICAL IN THE CYCLE DURATION OF ANNUAL CROP IN CAMPOS NOVOS AND LAGES, SC

ABSTRACT

The El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon is considered the main source of global interannual variability. The effects of this phenomenon affect agriculture, causing impacts to the yield and duration of crop cycle due to influence on air temperature and precipitation. The objective of this study was to verify the influence of ENSO Canonical events on the cycle duration of soybeans, beans and maize at different sowing times in the cities of Campos Novos and Lages, in Santa Catarina. We used daily meteorological data from 1982 to 2017 of average daily temperature. The duration of the cycle was determined by the degree-days method, considering the following sowing dates: October 1 and November 15. In the case of El Niño Canonical, there was an anticipation in the physiological maturation of four to six days, compared to the neutral years for Campos Novos. Under La Niña conditions there was no significant difference in cycle duration in both cities.

KEY-WORDS: air temperature; degree-days; El Niño Southern Oscillation

INTRODUÇÃO

Dentre as forçantes climáticas de grande escala oriundas dos oceanos, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) está entre as mais estudadas. O fenômeno é considerado a principal fonte de variabilidade interanual global (Grimm, 2009). A combinação do mecanismo oceano-atmosfera resulta na ocorrência deste fenômeno climático (Phillips et al., 1998).

O fenômeno possui duas fases distintas: a fase quente e a fria. Segundo Phillips et al. (1998), um desses extremos é representado pelas condições de La Niña (LN), quando ocorre um resfriamento das águas superficiais e aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico Equatorial (fase fria ou fase positiva). A condição de El Niño (EN) é caracterizada pelo aquecimento das águas superficiais, aumentando o fluxo de calor e umidade para a atmosfera, e a queda da pressão na superfície (fase quente ou fase negativa). No contexto geral, as anomalias climáticas relacionadas ao El Niño e La Niña ocorrem nas mesmas regiões, mas de maneiras opostas.

O ENOS Canônico (Clássico) ocorre predominantemente no Pacífico Leste, enquanto o ENOS Modoki ocorre no Pacífico Central (Ashok et al. 2007). A ocorrência do fenômeno ocasiona impactos em diversos setores, principalmente na agricultura. A produtividade das culturas depende da duração e severidade dos períodos secos e da regularidade das chuvas, além da variação de fenômenos e índices agroclimáticos dependentes da temperatura do ar como geada e soma térmica (duração do ciclo).

No Brasil, um dos impactos desse fenômeno é a diminuição da temperatura em eventos LN e aumento em eventos de EN (Guimarães; Reis, 2012). De acordo com Barbano et al. (2001), a temperatura do ar causa variação na duração de cada ciclo vegetativo das plantas, afetando seus processos fisiológicos.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do ENOS Canônico na duração do ciclo da soja, feijão e milho em diferentes épocas de semeadura nos municípios de Campos Novos e Lages, em Santa Catarina.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar a influência do ENOS Canônico na duração do ciclo da soja, do feijão e do milho em diferentes épocas de semeadura para Campos Novos e Lages, Santa Catarina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizaram-se dados meteorológicos diários de temperatura do ar do período de 1982 a 2017 de estações meteorológicas localizadas nos municípios de Campos Novos (latitude: 27° 24' 06" S; longitude: 51° 13' 30" W e altitude: 963 m) e Lages (Latitude: 27° 48' 58" S; longitude: 50° 19' 34" W; e altitude: 953 m), Santa Catarina, pertencentes a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os eventos ENOS Canônicos (Clássicos) foram analisados separadamente, sendo a sua cronologia definida de acordo conforme metodologia proposta por Yeh et al. (2009), que define a ocorrência do El Niño (La Niña) Canônico como sendo aqueles em que a ATSM da região Niño 3 (150°W-90°W, 5°N-5°S) está acima de 0,5°C (abaixo de -0,5°C) e que seja maior (menor) do que a ATSM da região Niño 4 (160°E-150°W, 5°N-5°S). Quanto aos ‘anos neutros’, foram considerados aqueles em que não houve a ocorrência de qualquer tipo de El Niño ou La Niña (Tabela 1).

Tabela 1. Cronologia de eventos El Niño/La Niña Canônico e de “anos neutros” desde 1982.

El Niño Canônico (ENC): 1982/83; 1986/87; 1991/92; 1997/98; 2006/07; 2009/10
La Niña Canônico (LNC): 1984/85; 1985/86; 1988/89; 1995/96; 1999/00; 2007/08
Anos neutros (AN): 1989/90; 1992/93; 1993/94; 1996/97; 2001/02; 2003/04; 2005/06; 2011/12; 2012/13; 2013/14.

A duração do ciclo de culturas anuais de verão, foi determinada pelo método simplificado dos graus-dia (equação 1), determinando a duração dos ciclos do milho, da soja e do feijão, considerando as suas respectivas constantes térmica (CT) para duas datas de semeadura: 1º/outubro e 15/novembro.

$$CT = \sum(T - T_b)$$

Eq. (5)

onde T é a temperatura média diária e T_b é a temperatura basal inferior da cultura.

Utilizou-se, como temperatura basal inferior (T_b) 8°C para o milho, 7,6°C e 0°C para a soja e 10°C para o feijão (Monteiro, 2009; Manfron et al. 1993). Para a soja, utilizou-se temperatura basal inferior de 7,6°C da fase emergência até fase vegetativa e 0°C da fase reprodutiva até a maturação fisiológica.

O ciclo das culturas teve início com a semeadura no período de outubro e novembro (ano x) e se estendeu até as culturas atingirem maturidade fisiológica (ano x+1). A soma calórica para completar o ciclo da soja e do feijão foram de 1300 graus-dias e do milho 1600 graus-dias (Monteiro, 2009).

A duração média dos ciclos das culturas em anos do ENOS Canônicos foi comparada estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade com os anos neutros, aplicando o teste t-Student, por meio do software Past 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duração do ciclo da soja, do feijão e do milho não apresentaram diferenças significativas para ambas as fases do ENOS em relação aos anos neutros, para o município de Lages (Tabela 2). Entretanto, para Campos Novos, a ocorrência do ENC, em ambas as épocas de semeadura, ocasiona precocidade no ciclo da soja e do milho de quatro a seis dias para as três culturas analisadas.

Tabela 2. Duração média do ciclo da soja, feijão e milho semeadas em 1º de outubro (out) e 15 de novembro (nov), em eventos de El Niño Canônico (ENC) e La Niña Canônico (LNC) comparado aos anos neutros (AN), nos municípios de Campos Novos e Lages, Santa Catarina.

Município	Eventos	Soja		Feijão		Milho	
		Épocas de Semeadura					
		1º/out	15/nov	1º/out	15/nov	1º/out	15/nov
CAMPOS NOVOS	AN	136 a	126 a	141 a	129 a	143 a	133 a
	ENC	131 b	122 b	135 b	123 b	137 b	128 b
	LNC	137 a	124 a	142 a	128 a	143 a	132 a
LAGES	AN	141 a	129 a	148 a	134 a	149 a	137 a
	ENC	139 a	126 a	145 a	130 a	145 a	134 a
	LNC	144 a	130 a	151 a	137 a	151 a	140 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t-Student, ao nível de 5%.

Prela et al. (2006) não verificaram influência generalizada do ENOS em relação aos graus-dia acumulados e temperatura do ar para Piracicaba - SP. Nóia Júnior (2017) observou que eventos de El Niño influenciam na época de semeadura do feijão em Alegre, Espírito Santo, da mesma forma que Minuzzi et al. (2007)

demonstraram que a semeadura da soja no dia 1º de outubro na região Sudeste é beneficiada em eventos de EN, refletindo em aumento na produtividade.

A antecipação da maturação fisiológica da cultura está relacionada com o maior acúmulo de graus-dias em consequência da elevação da temperatura do ar em eventos El Niño, como observado por Grimm (2009) que a temperatura do ar também é afetada pelo evento, onde anos de EN (LN) apresentam aumento (diminuição) de temperatura. Pode-se observar que a semeadura tardia realizada no dia 15 de novembro, as culturas atingem a maturação fisiológica antes, comparado a primeira época de semeadura, fato relacionado ao encurtamento da fase vegetativa, como visto por Gadioli et al. (2000) na semeadura de milho em diferentes épocas. A antecipação da maturação fisiológica da cultura está relacionada com o maior acúmulo de graus-dias em consequência da elevação da temperatura do ar em eventos El Niño, como encontrado na literatura.

Apesar de não ter apresentado diferenças significativas na duração do ciclo para ambas épocas de semeadura para Lages, em geral, eventos de EN Canônico proporcionaram ciclo mais curtos em relação aos demais eventos, resultado do aumento da temperatura do ar em anos dessa ocorrência. Gadioli et al. (2000) atestaram esta informação com variedades de milho híbrido que atingiram soma calórica antes, apesar da redução no rendimento, que é algo esperado quando ocorre uma diminuição na duração do ciclo de culturas anuais.

De acordo com Didonet et al. (2001) a prolongação das fases fenológicas do milho, está relacionada com as baixas temperaturas do ar. Devido esse prolongamento as plantas produzem e transportam maior quantidade de fotoassimilados, acarretando o aumento da produtividade como observados por Alves et al. (2011). Entretanto, Silva et al. (2015) especifica que a semeadura da soja fora da época recomendada ou quanto mais tardia pode ocasionar perdas no rendimento de grãos de 30% a 70%.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- Em eventos de EN Canônico a soja, o milho e o feijão atingem maturação fisiológica precoce em ambas as épocas de semeadura para Campos Novos.
- Não houve diferença significativa na duração do ciclo em Lages.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concepção da bolsa PIBIC ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, M. E. B. et al. Influência da temperatura do ar no comprimento do ciclo e produtividade do milho irrigado. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XVII, 2011, Guarapari, ES. **Anais: CD-ROM: Guarapari – ES: SBAGRO, 2011.**

BARBANO et al. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2001.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F.; TISSOT, D. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 447-456, mar. 2001.

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada a soma calórica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. Impactos do Fenômeno ENOS sobre a temperatura no Brasil. **Revista Espinhaço, UFVJM**, Diamantina, v.1, n.1 p. 34-40, 2012.

GRIMM, A. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (Ogrs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 353-374.

MANFRON, P. A. et al. Trigo: aspectos agrometeorológicos. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 237-239, 1993.

MINUZZI, R. B et al. Influência do El Niño nas épocas de plantio e fenologia da cultura da soja na região sudeste do Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, vol. 54, n. 313, p. 316-323, 2007.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 530p. 2009.

NÓIA JÚNIOR, R. S. et al. Época de plantio de feijão 1° e 3° safras no município de Alegre- ES – Impactos do fenômeno ENOS na produtividade e rentabilidade econômica. In: Anais do Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXII, 2017, São Paulo. **Anais: CD-ROM**: São Paulo: INIC, 2017.

PRELA, A.; GARCIA. B.I.L.; PERREIRA. A.R. Variação de graus-dia em Piracicaba (SP), em anos de El Niño e La Niña. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 527-532, 2006.

SILVA, F. L. et al. Época de semeadura e densidade de plantas. In: SEDIYAMA, T. (Ed). **Soja do plantio a colheita**. 22. Ed. Viçosa: Ed. UFV, 2015. p. 198-213.

VARIAÇÃO DO ÍNDICE MICRONAIRE DEVIDO AO ATRASO DA DATA DE SEMEADURA

Isabella Theresa de Almeida Martins¹; Paulo Cesar Sentelhas²
Autor para correspondência: isabellamartins@usp.br

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP); ²Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP)

RESUMO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é produzido por mais de 60 países e é cultivado principalmente para a produção de fibras. A qualidade da fibra pode diferir entre os diferentes ambientes e é um fator chave para determinar o preço e a qualidade do algodão para produtos têxteis. Essas diferenças de qualidade estão associadas às interações entre genótipo, processos fisiológicos e características ambientais durante o ciclo da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação do índice micronaire de diferentes cultivares brasileiras devido ao atraso na época de semeadura e identificar as variáveis meteorológicas relacionadas a essa variação. Dados meteorológicos de cinco locais e índice de qualidade micronaire de trinta e três cultivares brasileiras foram utilizados na análise. Para todos os locais avaliados, foi observada uma diminuição no índice micronaire, devido ao atraso na época de semeadura. Para identificar o efeito do ambiente nessa variação, as variáveis meteorológicas e do balanço hídrico foram empregadas. Concluiu-se que as variáveis meteorológicas temperatura mínima média, umidade relativa média, precipitação total e excedente hídrico total foram as que melhor se relacionaram com a diminuição do índice micronaire em função do atraso na época de semeadura, tendo uma relação positiva. Por outro lado, a variável déficit hídrico apresentou relação inversamente proporcional com o índice micronaire, em função da data de semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L.; Micronaire; Época de semeadura

VARIATION OF THE MICRONAIRE INDEX DUE TO THE DELAY OF THE SOWING DATE

ABSTRACT

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is produced by more than 60 countries and is grown mainly for the production of fibers. The quality of the fiber may differ between different environments and is a key factor in determining the price and quality of cotton for textiles. These differences in quality are associated with interactions between genotype, physiological processes and environmental conditions during the crop cycle. The objective of this study was to evaluate the micronaire index variation of different Brazilian cultivars due to the delay in the sowing date, and to identify the meteorological variables related to this variation. Meteorological data from five sites and micronaire quality index of thirty-three Brazilian cultivars were used in the analysis. For all evaluated sites, a decrease in the micronaire index was observed, due to the delay in the sowing date. To identify the effect of the environment on this variation, the meteorological and water balance variables were used. It was concluded that minimum average temperature, average relative humidity, total precipitation and total water surplus were the variables that are best related to the decrease of the micronaire index due to the delay in the sowing date, with a positive relationship. On the other hand, the variable water deficit presented an inversely proportional relation with the micronaire index, as a function of the sowing date.

KEY-WORDS: *Gossypium hirsutum* L; Micronaire; Sowing season

INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) destaca-se no cenário agrícola nacional e internacional e é a mais importante cultura de fibras do mundo. Além disso, é produzido em mais de 60 países, mas apenas cinco deles – China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil – são responsáveis por, aproximadamente, 80% da produção mundial (CHIAVEGATO et al., 2009). Embora suas sementes apresentem uma multiplicidade de usos (óleo, proteína, celulose, fertilizante), o cultivo do algodoeiro é destinado essencialmente para a produção de fibras.

A qualidade da fibra pode diferir entre os diferentes ambientes e é um fator chave para determinar o preço e a qualidade do algodão para produtos têxteis. Essas diferenças de qualidade estão associadas às interações entre o genótipo, processos fisiológicos e características ambientais durante o ciclo da cultura. O conhecimento detalhado dos fatores que condicionam a qualidade da fibra do algodão é importante para a definição das regiões com potencial para a produção de fibras de qualidade superior.

O índice micronaire da fibra é determinado pelo complexo finura/maturidade da fibra. Os valores de índice micronaire variam de 2,0 a 6,0. As fibras com valores abaixo de 3,0 são consideradas muito finas; as com valores entre 3,0 e 3,6 são finas; valores entre 3,7 e 4,7 representam fibras médias, entre 4,8 e 5,4 fibras grossas; e acima de 5,5 fibras muito grossas (BACHELIER e GOURLLOT, 2018). A indústria têxtil tem uma preferência por fibras longas, fortes e com índice de qualidade moderado para produzir fios de alta qualidade (LONG et al., 2010).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a variação do índice micronaire de diferentes cultivares brasileiras em função do atraso da época de semeadura e identificar as variáveis meteorológicas que afetam tal variação.

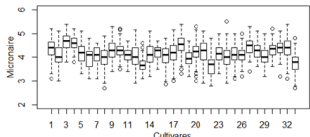
MATERIAIS E MÉTODOS

1. Dados experimentais

Os dados experimentais são provenientes de ensaios de competição de cultivares de algodão conduzidos pela empresa Tropical Melhoramento & Genética (TMG) e referem-se aos valores de índice micronaire da fibra de algodão de amostras beneficiadas e analisadas em um equipamento de análise denominado *High Volume Instrument* (HVI). Os experimentos foram realizados em cinco locais do estado do Mato Grosso: Campo Novo do Parecis, Campo Verde, Pedra Preta, Sapezal e Sorriso. Foram considerados dados de seis safras (2011/2012; 2012/2013; 2013/2014; 2014/2015; 2016/2017; e 2017/2018), em três épocas de semeadura por safra para cada local. A primeira época de semeadura ocorreu, aproximadamente, entre 3 e 28 de dezembro, a segunda entre 29 de dezembro e 22 de janeiro e a terceira entre 23 de janeiro e 13 de fevereiro, para todos as safras e locais considerados. Além disso, foram empregados dados de micronaire de 33 cultivares, listadas na Tabela 1. A figura 1 mostra uma visão geral da variação da média de micronaire entre as cultivares.

Tabela 1. Cultivares brasileiras de algodão analisadas no presente estudo.

Cultivares de algodão		
DP1240B2RF	FM975WS	TMG41WS
DP1243 B2RF	FM980GLT	TMG42WS
DP1536 B2RF	FM983GLT	TMG43WS
DP1648B2RF	FM993	TMG44B2RF
DP1746B2RF	FMT523	TMG45B2RF
DP555	FMT701	TMG46B2RF
FM910	FMT705	TMG47B2RF
FM940GLT	FMT707	TMG61RF
FM944GL	FMT709	TMG62RF
FM951LL	IMA8405GLT	TMG81WS
FM954GLT	TMG11WS	TMG82WS



1- DP1240B2RF (4,38 ± 0,44)	12- FM975WS (4,02 ± 0,46)	23- TMG41WS (4,16 ± 0,38)
2- DP1243 B2RF (4,07 ± 0,45)	13- FM980GLT (3,95 ± 0,31)	24- TMG42WS (4,02 ± 0,40)
3- DP1536 B2RF (4,65 ± 0,33)	14- FM983GLT (4,15 ± 0,42)	25- TMG43WS (4,14 ± 0,35)
4- DP1648B2RF (4,61 ± 0,29)	15- FM993 (4,19 ± 0,32)	26- TMG44B2RF (4,13 ± 0,32)
5- DP1746B2RF (4,10 ± 0,42)	16- FMT523 (4,07 ± 0,45)	27- TMG45B2RF (4,17 ± 0,36)
6- DP555 (3,97 ± 0,38)	17- FMT701 (4,17 ± 0,39)	28- TMG46B2RF (4,26 ± 0,29)
7- FM910 (4,10 ± 0,40)	18- FMT705 (4,52 ± 0,36)	29- TMG47B2RF (4,03 ± 0,37)
8- FM940GLT (4,02 ± 0,47)	19- FMT707 (3,98 ± 0,32)	30- TMG61RF (4,16 ± 0,34)
9- FM944GL (4,30 ± 0,42)	20- FMT709 (4,22 ± 0,39)	31- TMG62RF (4,16 ± 0,32)
10- FM951LL (4,29 ± 0,35)	21- IMA8405GLT (4,27 ± 0,46)	32- TMG81WS (4,38 ± 0,44)
11- FM954GLT (4,10 ± 0,27)	22- TMG11WS (3,68 ± 0,45)	33- TMG82WS (3,77 ± 0,31)

Figura 1. Variação da média do índice micronaire em função das cultivares com os respectivos valores de média e desvio padrão por cultivar (média ± desvio padrão).

2. Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir das bases de dados das estações meteorológicas convencionais pertencentes ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e disponíveis nas regiões mais próximas aos locais em que foram realizados os experimentos. Foram utilizados dados climáticos diários de temperatura máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), radiação solar global ou insolação ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), chuva (mm), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s). A partir dos dados meteorológicos disponíveis, foram definidos outras variáveis meteorológicas: temperatura mínima média ($^{\circ}\text{C}$); temperatura máxima média ($^{\circ}\text{C}$); amplitude térmica média ($^{\circ}\text{C}$); umidade relativa média do ar (%); radiação solar global média ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); velocidade do vento média (m/s); e precipitação total (mm). Foi feito também o balanço hídrico climatológico sequencial na escala diária (THORNTHWAITE e MATHER, 1955) para determinação do déficit e do excedente hídrico (totais do ciclo). Para determinação da capacidade de água disponível (CAD) utilizou-se o critério prático de acordo com a textura do solo, adotando-se o valor de 50 mm.

3. Variação das variáveis meteorológicas em função da localidade e datas de semeadura

Para identificar a relação entre o índice micronaire e as variáveis meteorológicas, foram feitas análises de regressão linear e foram obtidos coeficientes de determinação (R^2). De acordo com Souza (2001) a análise de regressão compreende analisar dados amostrais para saber se e como duas ou mais variáveis relacionam-se umas com as outras. A análise de regressão tem como resultado uma equação matemática que descreve o relacionamento entre essas variáveis e pode ser usada para estimar ou prever, valores futuros de uma variável quando se conhecem ou se supõem conhecidos valores da outra variável. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra.

4. Análise de correlação entre micronaire e as variáveis meteorológicas

Além das análises de regressão linear, também foram feitas análise de correlação e foram determinados coeficientes de correlação de Pearson (r). A correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas, sendo o coeficiente de correlação de Pearson (r) uma medida de associação linear entre variáveis (MOORE, 2007). O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Para Cohen (1988), valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Variação do micronaire em função da localidade e datas de semeadura

A Figura 2 indica a variação do índice micronaire (dados médios de todas as cultivares avaliadas) em função dos diferentes locais e épocas de semeadura. Por meio da Figura 2, é possível observar que houve um decréscimo do índice micronaire, em todos os locais, à medida que houve um atraso da semeadura, uma vez que a primeira data de semeadura ocorreu em dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro.

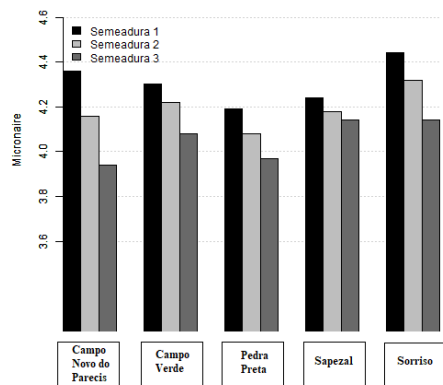


Figura 2. Variação do índice micronaire em função das diferentes localidades e épocas de semeadura.

2. Variação das variáveis meteorológicas em função da localidade e datas de semeadura

As figuras 3 e 4 mostram gráficos das variáveis meteorológicas em função da localidade e datas de semeadura e gráficos de regressão linear entre as variáveis meteorológicas e o índice micronaire. Por meio dos gráficos de barras, que indicam a variação das variáveis meteorológicas em função da localidade e datas de semeadura, foi possível observar que, da mesma forma que o índice micronaire (Figura 2), algumas variáveis apresentaram, para todos os locais, um decréscimo de seus valores, conforme houve um atraso da data de semeadura. Por outro lado, outras variáveis apresentaram, para todos os locais, um acréscimo de seus valores conforme houve um atraso na data de semeadura. As variáveis meteorológicas que apresentaram decréscimo de seus valores em decorrência do atraso da data de semeadura foram precipitação total, temperatura mínima, umidade relativa e excedente hídrico (Figura 3). Já as variáveis que apresentaram acréscimo de seus valores em decorrência do atraso da data de semeadura foram amplitude térmica e déficit hídrico (Figura 4).

Através dos gráficos de regressão linear, foi possível observar que o micronaire apresentou relação direta com algumas variáveis meteorológicas e com outras, apresentou relação indireta. Desse modo, conforme houve um atraso da época de semeadura, o micronaire diminuiu na mesma proporção que as variáveis precipitação total, temperatura mínima, umidade relativa e excedente hídrico também diminuíram (relação diretamente proporcional). Entretanto, dentre essas, somente precipitação total, temperatura mínima e excedente hídrico apresentaram valores relevantes (mais próximos da unidade) de R^2 . Os coeficientes de determinação das regressões lineares entre o micronaire e as variáveis precipitação total, temperatura mínima e excedente hídrico foram, respectivamente: 0,79; 0,62; e 0,67. Já o R^2 determinado pela regressão linear entre o micronaire e a umidade relativa foi 0,22. Em contrapartida, conforme houve um atraso da época de semeadura, o micronaire diminuiu na mesma proporção que as variáveis amplitude térmica e déficit hídrico (Figura 4) aumentaram (relação inversamente proporcional). Porém, os coeficientes de determinação das regressões entre o micronaire e essas duas variáveis meteorológicas foram mais baixos, apresentando valores de 0,04 para a amplitude térmica e de 0,4 para o déficit hídrico.

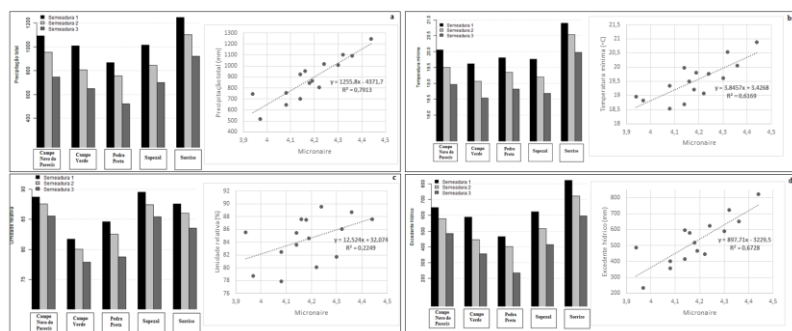


Figura 3. Variação das variáveis precipitação total (a), temperatura mínima (b), umidade relativa (c) e excedente hídrico (d) em função das diferentes localidades e épocas de semeadura e regressão linear entre essas variáveis e o micronaire.

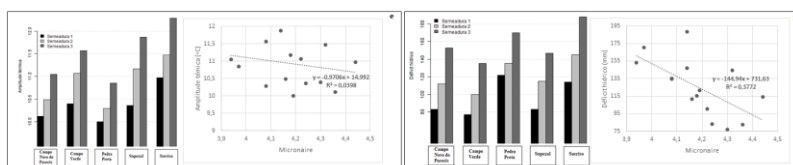


Figura 4. Variação das variáveis amplitude térmica (e) e déficit hídrico (f) em função das diferentes localidades e épocas de semeadura e regressão linear entre essas variáveis e o microneaire.

3. Análise de correlação entre microneaire e as variáveis meteorológicas

A tabela 2 mostra os coeficientes de correlação de Pearson entre o microneaire e as variáveis meteorológicas avaliadas. Nota-se que precipitação total, temperatura mínima e excedente hídrico apresentaram forte correlação positiva com o microneaire, enquanto a umidade relativa apresentou correlação positiva moderada, o que comprova o fato dessas quatro variáveis meteorológicas terem apresentado uma relação diretamente proporcional com o microneaire em decorrência do atraso da data de semeadura. Por outro lado, déficit hídrico apresentou correlação negativa moderada com o microneaire, o que comprova o fato dessa variável ter apresentado uma relação inversamente proporcional com o microneaire quando se teve um atraso da época de semeadura. Embora a variável amplitude térmica tenha demonstrado um acréscimo de seus valores quando se houve um atraso da época de semeadura, seus valores de R^2 e r não foram significativos.

Tabela 2. Coeficiente de correlação entre microneaire e as variáveis meteorológicas.

Variável meteorológica	Coefficiente de correlação (r)
Precipitação total	0,89**
Temperatura mínima	0,79**
Umidade relativa	0,47**
Excedente hídrico	0,82**
Amplitude térmica	-0,2
Déficit hídrico	-0,61**

** representa o coeficiente de correlação de Pearson com $P \leq 0,01$ de significância.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Houve decréscimo do índice microneaire, para todos os locais e cultivares avaliadas, em decorrência do atraso da época de semeadura. Algumas das variáveis meteorológicas avaliadas apresentaram relação diretamente proporcional e significativa com esse decréscimo do índice microneaire (temperatura mínima média; umidade relativa média do ar; precipitação total e excedente hídrico total), enquanto outra apresentou relação inversamente proporcional e significativa (déficit hídrico).

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à CAPES, pelo suporte financeiro, à TMG, pelo fornecimento dos dados e apoio e à ESALQ/USP pela parceria indispensável.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BACHELIER, B.; GOURLOT, J.P. A fibra de algodão: origem, estrutura, composição e caracterização. In: **Manual de Qualidade da Fibra**. Cuiabá, Mato Grosso: Instituto Mato-Grossense do algodão, 156p, 2018.

CHIAVEGATO, E.J.; SALVATIERRA, D.K.; GOTTARDO, L.C.B. Algodão. **Agrometeorologia dos cultivos**. Brasília, Distrito Federal: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 45p, 2009.

COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ, Erlbaum, (1988).

LONG, R.L.; BANGE, M.P.; GORDON, S.G.; VAN DER SLUIJS, M.H.J.; NAYLOR, G.R.S.; CONSTABLE, G.A. Fiber quality and textile performance of some Australian cotton genotypes. **Crop Science**, v.4, p.1509-1518, 2010.

SOUZA, S.G.; **Introdução aos Modelos de Regressão Linear e Não-Linear**. Embrapa Produção de Informação, 2001.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

FAVORABILIDADE DA VELOCIDADE DO VENTO À IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM SÃO LUIZ GONZAGA, RS

Sidinei Zwick Radons¹; Francis Valdemar Fernandes²; Anderson Spohr Nedel¹; Lana Bruna de Oliveira Engers³; Atawana Vitória da Silva²
Autor para correspondência: radons@uffrs.edu.br

¹Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS; ²Discente de Graduação na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS; ³Discente de Pós-graduação na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS

RESUMO

A uniformidade da aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão é afetada principalmente pela velocidade do vento. O objetivo deste estudo foi determinar a favorabilidade da velocidade do vento para a irrigação por aspersão nos diferentes meses do ano e horários do dia em São Luiz Gonzaga, RS. Foram usados dados horários fornecidos pelo INMET do ano de 2007 até o ano de 2018. Com a análise do percentual de ocorrência de velocidade de vento menor que 4 m s^{-1} , chegou-se aos horários e meses em que a velocidade do vento exerce influência com maior e menor intensidade neste sistema de irrigação. Com a verificação dos resultados, concluímos que os horários das 19, 20 e 18 horas respectivamente são mais favoráveis a irrigação por aspersão, já os horários das 9, 10 e 8 horas respectivamente são os menos favoráveis. Os meses com a menor e maior favorabilidade para a irrigação por aspersão são, respectivamente, agosto e março.

PALAVRAS-CHAVE: velocidade do vento; irrigação por aspersão; São Luiz Gonzaga - RS

WIND SPEED FAVORABILITY TO SPRINKLER IRRIGATION IN SÃO LUIZ GONZAGA, RS, BRAZIL

ABSTRACT

Water application uniformity in sprinkler irrigation systems is mainly affected by wind speed. This study aimed to determine the wind speed favorability for sprinkler irrigation in the different months of the year and times of the day in São Luiz Gonzaga, RS. Meteorological data provided by INMET from 2007 to 2018 were used. With the analysis of the percentage of wind speed less than 4 m s^{-1} occurrence, we have obtained the schedules and months in which the wind speed exerts influence with higher and lower intensity in this irrigation system. With the results verification, we conclude that the times of 7 p.m., 8 p.m and 6 p.m. respectively are more favorable to sprinkler irrigation, and the times of 9 a.m., 10 a.m. and 8 a.m. hours respectively are the least favorable. The months with the lowest and highest favorability for sprinkler irrigation are, respectively, August and March.

KEY-WORDS: wind speed; ; irrigation by sprinkler; São Luiz Gonzaga - RS

INTRODUÇÃO

Projetos para produção agrícola, além de outras áreas, buscam informações sobre velocidade e direção do vento para embasar sua tomada de decisão sobre sua implantação. Na agricultura o vento possui grande importância, seja na polinização, na influência sobre evaporação e evapotranspiração, no transporte de vapor

de água e calor, pelo processo de advecção. Com o conhecimento sobre a velocidade e a direção dos ventos obtêm-se parâmetros para implantação de quebra ventos, índices de conforto térmico para animais em projetos rurais, projetos de irrigação e tomada de decisão quanto à pulverização agrícola (LOPES, 2002).

A uniformidade da aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão é afetada principalmente pela velocidade do vento. Em estudos com sistemas convencionais de aspersão e canhões hidráulicos observou-se que com o aumento da velocidade do vento a uniformidade de aplicação diminuiu, a direção do vento teve influência, porém menos significativa (AZEVEDO et al., 2000).

A deriva provocada pelo vento é o fator de maior influência na perda de eficiência na aplicação de água, quanto maior a altura e menor o tamanho da gota maior pode ser a perda por deriva (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

A velocidade do vento oferece forte influência sobre a evaporação e arraste, a uniformidade da distribuição de uma irrigação pode ter perda de 20% com velocidade de vento superior a 4 m s^{-1} , a partir desta velocidade recomenda-se não se utilizar o sistema de irrigação ALVES e CASTRO (1995) e TARJUELO e MARTINEZ (1993).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Determinar a favorabilidade da velocidade do vento para a irrigação por aspersão nos diferentes meses do ano e horários do dia em São Luiz Gonzaga, RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com os dados da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em São Luiz Gonzaga (RS), do período de 2007 até 2018. Esta estação localiza-se à latitude $28^{\circ}25'01,61''\text{S}$ e longitude $54^{\circ}57'44,65''\text{O}$, a 246 metros de altitude. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013).

Os dados foram classificados de acordo com o horário do dia e o mês do ano. Foram realizadas análises do percentual dos dias em que a velocidade do vento foi favorável para a atividade de irrigação por aspersão considerando o limite de velocidade. Foram considerados favoráveis os dados de velocidade do vento que não excedia 4 m s^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na média anual, o horário que apresentou maior favorabilidade foi o das 19 horas, com 93,39% dos dias tendo intensidade inferior a 4 m s^{-1} neste horário (Figura 1), o segundo horário mais favorável é o das 20 horas com 91,97% dos dias sendo favoráveis, o terceiro horário mais favorável foi o das 18 horas com 91,77% dos dias estando favoráveis a irrigação por aspersão.

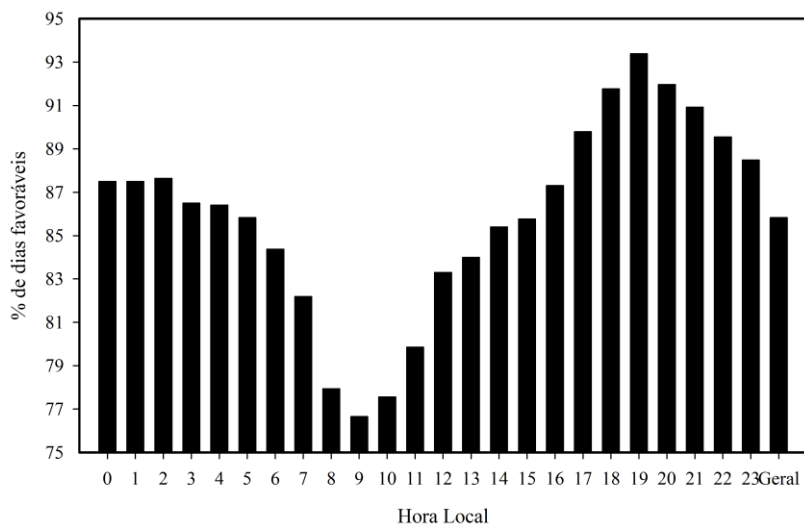


Figura 1: Favorabilidade anual da velocidade do vento para atividade de irrigação por aspersão em diferentes horários do dia em São Luiz Gonzaga, RS, considerando o limite de velocidade de 4 m s^{-1} .

O horário das 9 horas foi o menos favorável para a irrigação por aspersão, neste horário 76,5% dos dias eram favoráveis, o segundo horário menos favorável é as 10 horas, neste horário 77,56% dos dias eram favoráveis, o horário das 8 horas foi o terceiro menos favorável com 77,94% dos dias sendo favoráveis. A média geral de todos os horários foi de 85,83% com condições de velocidade do vento inferior a 4 m s^{-1} .

Nos diferentes meses, observa-se que em agosto a favorabilidade para a irrigação é a menor do ano (Tabela 1). Neste mês, apenas 77% dos horários são favoráveis à irrigação por aspersão. Em contraposição, o mês de março apresenta o maior índice de favorabilidade, com 93% dos horários com velocidade do vento inferior ao limite estabelecido. Estes valores aqui encontrados estão plenamente de acordo com a normal climatológica local (INMET, 2019). Os valores normais da localidade indicam que o mês com maior velocidade média do vento é agosto, assim como mostrou este estudo. Entretanto, o mês com menor velocidade média do vento, de acordo com a normal climatológica, é março e não fevereiro, como os resultados indicaram.

Os horários com o menor índice de favorabilidade ao longo do ano ocorreram no mês de agosto, à 9h e 10h, quando apenas 61% dos dias analisados apresentaram velocidade do vento inferior a 4 m s^{-1} . Nos horários das 19h e 20h, no mês de março, chega-se ao máximo de favorabilidade constatados neste estudo, quando 97% dos dias analisados apresentaram condição que permitia a prática da irrigação por aspersão.

Tabela 1: Favorabilidade da velocidade do vento para atividade de irrigação por aspersão em diferentes horários do dia e meses do ano em São Luiz Gonzaga, RS, considerando o limite de velocidade entre 4 m s^{-1} .

Hora Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
0	89	89	92	95	95	92	86	84	80	78	86	89	88
1	86	88	90	96	93	92	87	82	81	80	88	89	87
2	90	90	92	95	93	90	86	81	80	79	87	91	88
3	93	93	92	92	87	86	81	77	77	79	86	92	87
4	95	94	95	94	90	82	81	72	75	79	85	92	86
5	92	93	91	93	89	85	82	72	74	79	86	93	86

6	91	93	93	92	86	80	78	70	75	78	83	92	84
7	91	95	92	90	84	77	70	69	71	76	82	86	82
8	82	90	91	89	86	75	71	64	70	69	72	77	78
9	83	88	86	84	85	76	73	61	66	67	71	80	77
10	86	87	89	84	82	76	76	61	63	67	75	86	78
11	89	90	90	85	83	81	75	62	67	71	81	85	80
12	92	91	92	90	85	82	78	69	71	76	82	89	83
13	89	91	92	88	88	83	80	71	77	77	84	88	84
14	90	93	94	89	91	83	81	76	78	80	82	86	85
15	91	93	94	91	89	85	83	79	79	79	83	85	86
16	93	91	92	94	91	90	89	80	80	80	84	86	87
17	92	92	93	94	95	93	94	90	83	82	85	88	90
18	92	94	96	93	95	96	97	93	88	86	85	90	92
19	92	95	97	95	96	94	96	93	91	88	93	92	93
20	95	95	97	94	93	92	94	89	87	88	91	90	92
21	92	93	96	95	94	94	93	87	86	85	92	88	91
22	91	89	95	93	95	92	93	85	85	84	90	87	90
23	88	90	92	96	94	92	88	83	84	81	90	86	88
Geral	90	92	93	91	90	86	84	77	78	79	84	88	86

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O horário menos favorável o para a irrigação por aspersão em São Luiz Gonzaga – RS é o das 9 horas, seguido pelo das 10 horas e das 8 horas. O horário mais favorável para a irrigação por aspersão em São Luiz Gonzaga – RS é o das 19 horas, seguido pelo das 20 horas e das 18 horas. Os meses com a menor e maior favorabilidade para a irrigação ao longo do ano são, respectivamente, agosto (77%) e março (93%).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton; Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cezar; de MORAES GONÇALVES, José; SPAROVEK, Gerd Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p.711-728. 2014.

ALVES, A.D., CASTRO, P.T. Desempenho de um sistema de irrigação por aspersão tipo canhão hidráulico sob diferentes condições de velocidade de vento na região de Paracuru, CE. *Engenharia Rural*, v. 6, n. 2, p. 79-84, 1995.

AZEVEDO, Hamilton Jorge et al. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4 n. 2: Campina Grande. 2000. p. 152-158.

INMET. Normais climatológicas do Brasil: período 1961-1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LOPES, Gláucia Miranda; MOURA, Magna Soelma Beserra de. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró – RN, para as quatro estações do ano. **Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu**. Anais... Foz de Iguaçu: SBMET, 1 CD-ROM., Dez 2002.

MANTOVANI, Everaldo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.

TARJUELO, J.M., MARTINEZ, J.M. Evaluación del riego por aspersión en remolacha. In: Plan 97 para la tecnificación del cultivo de la remolacha. p. 1-19, 1993.

EL NIÑO E LA NIÑA E O BALANÇO DE ENERGIA NO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

Felipe Cavallini Crespo¹; Denise Cybis Fontana¹; Juliano Schirmbeck²
Autor para correspondência: fe_cavallini@hotmail.com

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ²FEEVALE

RESUMO

Sabe-se que o El Niño e La Niña provocam alterações climáticas em diversas partes do globo, mas poucos trabalhos abordam seus efeitos no balanço de energia (BE). A compreensão da variação de BE é de grande relevância para a agricultura, visto que a produtividade dos cultivos depende do fornecimento de energia para três principais processos: aquecimento do ar (H), aquecimento do solo (S), e evaporação da água do solo e transpiração da vegetação (LE). Este trabalho analisou as mudanças de padrão no componente LE em todo o estado do Rio Grande do Sul, entre 2002 e 2016. Os dados do período de El Niño e La Niña foram comparados com dados de um ano médio padrão calculado para os anos de estudo. Neste trabalho verificou-se que o El Niño tende a diminuir as taxas de LE, enquanto que a La Niña tende a aumentá-las.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática; Evapotranspiração; ENOS

EL NIÑO AND LA NIÑA AND THE ENERGY BALANCE IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

It is known that El Niño and La Niña cause climate change in several parts of the globe, but few studies address its effects on energy balance (BE). The understanding of BE variation is of great relevance for agriculture, since crop productivity depends on the energy supply for three main processes: air heating (H), soil heating (S), and soil water evaporation and transpiration of vegetation (LE). This work analyzed pattern changes in LE in Rio Grande do Sul between 2002 and 2016. El Niño and La Niña data were compared with data from a standard year calculated for the study years. In this work it was verified that El Niño tends to decrease the rates of LE, whereas La Niña tends to increase them.

KEY-WORDS: Climate Variability; Evapotranspiration; ENSO

INTRODUÇÃO

O El Niño e La Niña ocorrem no Oceano Pacífico equatorial, sendo resultante da variação de intensidade dos ventos alísios (Cunha, 1997). Quando estes ventos apresentam baixa intensidade, eles não são capazes de deslocar as massas de água superficiais quentes do pacífico até a costa oeste, resultando em um centro de baixa pressão na região central do oceano, caracterizando um evento de El Niño. No caso do evento de La Niña, observa-se o oposto, os ventos alísios possuem grande intensidade, deslocando o centro de baixa pressão totalmente para a costa oeste do oceano pacífico (Cunha, 1997; Berlato & Fontana, 2011). El Niño e La Niña são, portanto, fases de um mesmo fenômeno e expressão de forma marcante da interação oceano-atmosfera, apresentando consequências que não se restringem a sua zona de ocorrência, mas exibindo

alterações climáticas em muitas outras partes do globo terrestre (Cunha, 1997; Santos, 2006; Berlato & Fontana, 2011).

Para a agricultura, a alteração que causa maior impacto é o aumento, ou diminuição, da precipitação pluvial, sendo que cada localidade do globo será afetada de modo específico, de acordo com suas características locais como altitude, latitude e relevo (Zebiak et al. 2015). Desta forma, é essencial estudos de como as diferentes regiões de produção agrícola são afetadas, visando minimizar prejuízos nos cultivos advindo, por exemplo, de deficiências hídricas.

No sul da América do Sul, em geral, o El Niño resulta em aumento da temperatura do ar e da precipitação pluvial, sendo favorável àqueles cultivos que requerem água em abundância, mas podendo em casos extremos prejudicar os cultivos devido às chuvas intensas (Santos, 2006). Já a La Niña provoca diminuição da temperatura do ar e precipitação pluvial, principalmente nos períodos de primavera e verão (Fontana & Berlato, 1996; Puchalski, 2000).

Cordeiro et al. (2018) apontam que a metade sul do Rio Grande do Sul é a região com maior frequência de ocorrência de estiagens durante o período de novembro a fevereiro (primavera/verão), devido à baixa probabilidade precipitação pluvial superar a evapotranspiração, se constituindo no mais importante fenômeno adverso à agricultura do estado. Apesar disso, até o momento, a maior parte dos estudos têm restringido suas análises ao efeito do El Niño e La Niña na precipitação pluvial e na temperatura do ar isoladamente, mas poucos estudos abordam os efeitos destes fenômenos na demanda evaporativa da atmosfera ou mesmo na evapotranspiração real.

O balanço de energia (BE) representa a partição da energia disponível na superfície terrestre para os três componentes principais: calor latente (LE), onde a energia é utilizada para mudança do estado da água, calor sensível do ar (H), onde a energia é utilizada para aquecer o ar, e calor sensível do solo (G), onde a energia é utilizada para aquecer o solo (Fontana et al, 1991). Modelos usando imagens de satélite para obter os componentes do balanço de energia tem sido propostos, mostrando-se adequados para as condições climáticas do Rio Grande do Sul (Schirmbeck et al, 2017; Schirmbeck et al, 2018), e indicando a possibilidade de análises da variabilidade dos efeitos associados dos fenômenos El Niño e La Niña no clima e na agricultura do Estado.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho visou a caracterização espacial dos efeitos associados aos fenômenos de El Niño e La Niña na partição do balanço de energia do estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados de fluxo de calor latente de evapotranspiração (LE), extraídos de uma série temporal dos componentes do balanço de energia produzida por Schirmbeck et al. (2017) para as 11 regiões ecoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul: Baixo e Alto Vale do Uruguai, Missioneira, Encosta Inferior Serra do Nordeste, Campanha, Planalto Médio, Depressão Central, Serra do Sudeste, Planalto Superior Serra do Nordeste, Litoral e região dos Grandes Lagos.

Aos dados de LE foi aplicado um filtro de média móvel para uma janela de 3 dados. E em seguida, calculou-se a média de 2002 até 2016, obtendo-se os valores representativos de um ano médio padrão para o intervalo de dados deste estudo em cada uma das regiões.

A fim de verificar o efeito do El Niño e La Niña sobre o LE nas diferentes regiões, foram selecionados os eventos de 2010/2011 e 2015/2016 para a análise comparativa com o ano médio. Esses anos foram escolhidos por serem, respectivamente, os períodos de ocorrência de La Niña e El Niño mais intensos entre 2002 e 2016. O filtro de média móvel foi aplicado também nestes dados de El Niño e La Niña selecionados.

Os gráficos para análise foram gerados comparando o ano médio padrão, com os anos 2010/2011 e 2015/2016 e foi obtida a frequência de valores de LE durante o El Niño e La Niña que estiveram acima, ou abaixo do padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se comparou-se os eventos de El Niño e La Niña com o ano médio, verificou-se que as regiões ecoclimáticas podem ser separadas em dois grandes grupos contendo as regiões que apresentam padrões de variação temporal de LE similares (Figura 1).

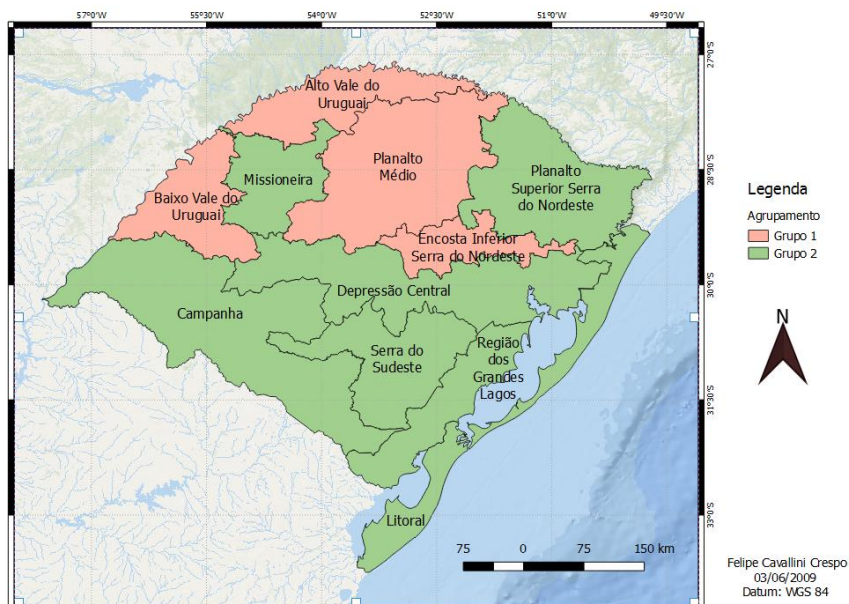


Figura 1: Regiões ecoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul agrupadas por similaridade quanto ao padrão temporal do fluxo de calor latente de evapotranspiração frente aos eventos de El Niño e La Niña.

O primeiro grupo foi composto pelas regiões: Alto e Baixo Vale do Uruguai, Planalto Médio e Encosta Inferior Serra do Nordeste. Este grupo foi caracterizado por apresentar valores de LE muito próximos entre si. As maiores variações ocorreram no inverno/primavera e no verão/outono, exibindo valores de LE durante La Niña, em geral, superiores aos valores obtidos durante o El Niño, como mostrado no exemplo da figura 2a. Este padrão pode ser explicado pela maior precipitação pluvial associada aos eventos El Niño nestes dois períodos nesta porção do Estado. Maior precipitação determina uma maior nebulosidade e, conseqüentemente, uma menor incidência de radiação solar e temperatura, além de maior umidade no ar. Assim, a menor demanda evaporativa da atmosfera faz com que, mesmo tendo umidade no solo, a taxa evaporativa seja menor nestes períodos.

O segundo grupo compreendeu as regiões: Região dos Grandes Lagos, Litoral, Serra do Sudeste, Depressão Central, Missioneira, Campanha e Planalto Superior Serra do Nordeste. Neste grupo, o observado foi uma marcante variação de El Niño e La Niña durante o período de primavera/verão, como exibido no exemplo da figura 2b. Neste período os valores de LE durante a La Niña foram, em geral, superiores aos valores de El Niño, chegando a uma diferença de mais de 60 W.m⁻² em algumas das regiões.

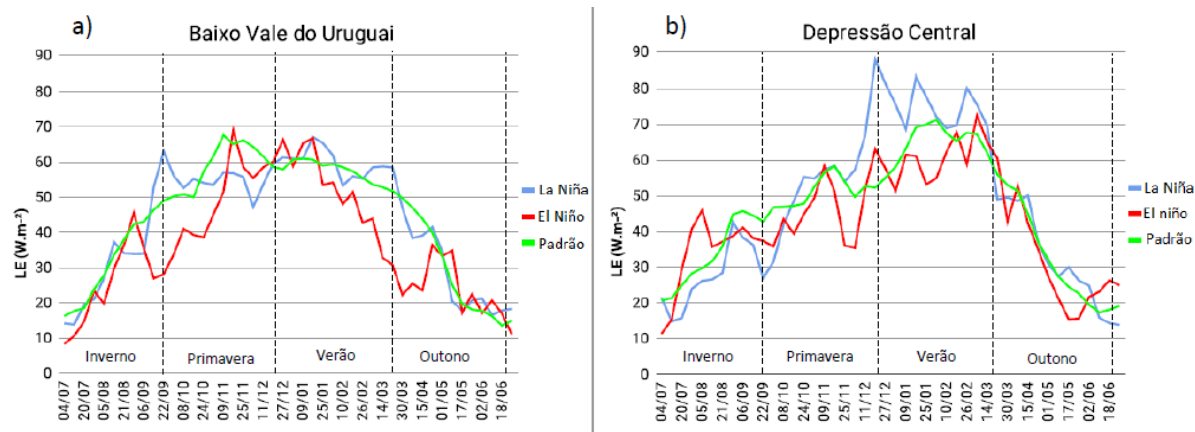


Figura 2: Exemplo do padrão temporal do fluxo de calor latente de evapotranspiração (LE) do grupo 2 (a) e do grupo 2 (b).

Neste período de 2002 a 2016, os valores de LE durante a La Niña foram, na maior parte do tempo analisado, superiores aos valores de LE durante o El Niño, com raras exceções onde o inverso foi observado.

A análise de frequência mostrou que para todas as regiões avaliadas, os valores de LE durante o El Niño encontram-se abaixo dos valores do ano médio calculado, durante mais de 50% do período estudado. Isto evidencia que o El Niño influenciou negativamente o LE. Para os dados de La Niña, somente uma localidade (região da Campanha) apresentou valores de LE abaixo dos valores do ano médio em mais de 50% do período analisado. Isso indica que o fenômeno de La Niña, em geral, interfere positivamente nas taxas de evapotranspiração.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A porção norte/noroeste do estado do RS é mais suscetível a mudanças nos valores de calor latente devido a influência do fenômeno de El Niño e La Niña nos períodos de inverno/primavera e verão/outono, enquanto que o restante do estado é mais suscetível a essas mudanças durante a primavera/verão. A fase de La Niña está associada a elevação dos valores de LE enquanto que o fenômeno de El Niño a reduções. Comparando as duas fases deste fenômeno, verifica-se que, além de efeitos opostos sobre o LE, o El Niño tem um efeito de provocar maiores alterações do que a La Niña.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERLATO, Moacir. Antonio; FONTANA, Denise Cybis. El niño e a agricultura da região Sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa, 2011.

CORDEIRO, Ana Paula Assumpção, BERLATO, Moacir Antonio; ALVEZ, Rita de Cássia Marques. Tendência do Índice Hídrico Sazonal do Rio Grande do Sul e Sua Relação com El Niño e La Niña. Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 3, p. 216-226, 2019.

CUNHA, Gilberto Rocca da. O fenômeno El Niño-Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1997.

FONTANA, Denise Cybis; BERLATO, Moacir Antonio. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v.2, p.39- 46, 1996.

FONTANA, Denise Cybis; BERLATO, Moacir A.; BERGAMASCHI, Homero. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 26, n. 3, p. 403-410, 1991.

PUCHALSKI, Leandro Azevedo. Efeitos associados ao El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e no déficit hídrico no Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 83p. 2000.

SANTOS, José Luis. The impact of El Nino-Southern Oscillation events on South America. *Advances in Geosciences*, v. 6, p. 221-225, 2006.

SCHIRMBECK, J.; FONTANA, D. C.; ROBERTI, D. R. Evaluation of OSEB and SEBAL models for energy balance of a crop area in a humid subtropical climate. *BRAGANTIA*, v. 77, p. 609-621, 2018.

SCHIRMBECK, Juliano; FONTANA, Denise. C; ROBERTI, Débora R; SCHIRMBECK, Lucimara W. Energy balance from images in humid climate–SEBAL and METRIC. *Agrometeoros*, 25(2), 2017.

ZEBIAK, Stephen E; ORLOVE, Ben; MUÑOZ, Ángel G; VAUGHAN, Catherine; HANSEN, James; TROY, Tara; THOMSON, Madeleine C; LUSTIG, Allyza; GARVIN, Samantha. Investigating El Niño?Southern Oscillation and society relationships. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 6, n. 1, p. 17-34, 2015.

RISCO TÉRMICO PARA O FEIJOEIRO POR ALTAS TEMPERATURAS NO MUNICÍPIO DE CRUZ ALTA - RS

Eduardo Schepke¹; Guilherme Masarro Araujo²; Sidinei Zwick Radons³; Lana Bruna de Oliveira Engers⁴; Felipe Puff Dapper²

Autor para correspondência: eduardoschepke@hotmail.com

¹Discente de Graduação na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ²Mestrando na Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS; ³Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS; ⁴Mestranda Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS

RESUMO

O feijoeiro é muito cultivado em pequenas propriedades para subsistência, com pouca tecnologia empregada em seu cultivo. A alta suscetibilidade da cultura a temperatura acima de 28 °C durante o período reprodutivo causa abortamento de estruturas reprodutivas como flores e vagens já formadas, ocasionado pelo aumento da síntese de etileno. Os zoneamentos agroclimáticos para a cultura não enfatizam a temperatura do ar. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o risco térmico para a cultura de feijoeiro no município de Cruz Alta – RS utilizando dados de temperatura máxima do ar coletados no BDMEP, realizando a frequência média de dias desfavoráveis por decêndio (acima de 28 °C). O terceiro decêndio do ano apresentou o maior risco térmico, acima de 8 dias desfavoráveis, assim como a situação de ocorrer até 10 dias desfavoráveis apresenta-se em quase 21% dos anos analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Phaseolus vulgaris; Síntese de Etileno; Abscisão

THERMAL RISK FOR COMMON BEANS DUE TO HIGH TEMPERATURES IN CRUZ ALTA – RS

ABSTRACT

Common bean is widely cultivated on small farms for subsistence, with little technology used in its cultivation. The high susceptibility of the culture to temperature above 28 °C during the reproductive period causes abortion of reproductive structures such as flowers and already formed pods caused by the ethylene synthesis increase. Agroclimatic zoning for culture does not emphasize air temperature. The aim of this study was to evaluate the thermal risk for bean culture in the Cruz Alta - RS city, using daily maximum air temperature data collected in the BDMEP, performing the average frequency of unfavorable days per decade (above 28 °C). The of ten-day period of the year that presented the highest thermal risk, above 8 unfavorable days, as well as the situation of occurring up to 10 days unfavorable presents in almost 21% of the analyzed years.

KEY-WORDS: Phaseolus vulgaris; Ethylene Synthesis; Abscission

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta destaque entre as culturas cultivadas no Brasil como importante fonte de proteínas na dieta humana (Carvalho et al., 2014). A cultura apresenta-se sensível à

elementos climáticos, pragas, doenças e condição nutricional (ZUCARELI et al., 2011), fatores que podem explicar as variações e baixas produtividades da cultura (ROCHA et al., 2011).

Os fatores ambientais podem influenciar significativamente o papel do etileno na abscisão, como é o caso da temperatura do ar (Binder e Petterson, 2009). O estresse é um potencial estimulador da síntese de etileno (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A faixa de temperatura média ótima do feijoeiro é de 18 a 24° C, com temperaturas acima de 30° C e abaixo de 12° C comprometem fatores determinantes na produtividade da cultura do feijoeiro, provocando abortamento de flores e vagens, atraso e redução de germinação e desenvolvimento (HOFFMANN JUNIOR et al., 2007). A probabilidade acima de 50 % de um decêndio apresentar temperaturas do ar acima de 32 °C, pode inviabilizar a produtividade econômica da cultura (BARBANO, 2003).

Os zoneamentos agrícolas para a cultura, definido através do ISNA (Índice de Satisfação de Necessidade de Água) a partir do balanço hídrico da cultura (MALUF et al., 2001; MAPA, 2017), não considera o fator temperatura do ar na definição do risco climático.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar qual o período de maior risco e menor térmico para a cultura do feijoeiro no município de Cruz Alta - RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica pertencente ao INMET do município de Cruz Alta, no estado do Rio Grande do Sul, com clima classificado como Cfa (ALVARES et al., 2014). A seleção do município se deu pelo fato do mesmo apresentar estação meteorológica do INMET e cultivo do feijoeiro. Os dados diários, entre 1961 e 2017, foram coletados na plataforma BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.

Assimindo que a partir de 28 °C inicia-se os processos que acarretam em prejuízos no rendimento, foram classificados como dias desfavoráveis quando a temperatura máxima do ar atingisse tal valor (CARGNELUTTI FILHO et al., 2005). Assim, a análise de frequência atua como determinante na indicação de períodos favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura, separando os períodos em decêndios, totalizando 36 decêndios.

Foram calculadas as médias e a frequência de dias desfavoráveis para cada decêndio no período e foi realizada análise de regressão das médias de número de dias desfavoráveis em função dos decêndios, análise realizadas com planilha eletrônica de dados e software Genes (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a média de dias desfavoráveis em cada decêndio, média essa analisada a partir de 43 anos de dados disponíveis. Destaca-se o 3° decêndio (21 a 31 de janeiro), como o de maior ocorrência de dias desfavoráveis, cerca de 8,7 dias, mas esse período de altas temperaturas e dias desfavoráveis prolonga-se entre o 33° ao 7° decêndio (20 de novembro a 10 de março), apresentando acima de 6 dias de probabilidade de ocorrência de altas temperaturas (acima de 28 °C), e a partir destes períodos, os riscos caem consideravelmente.

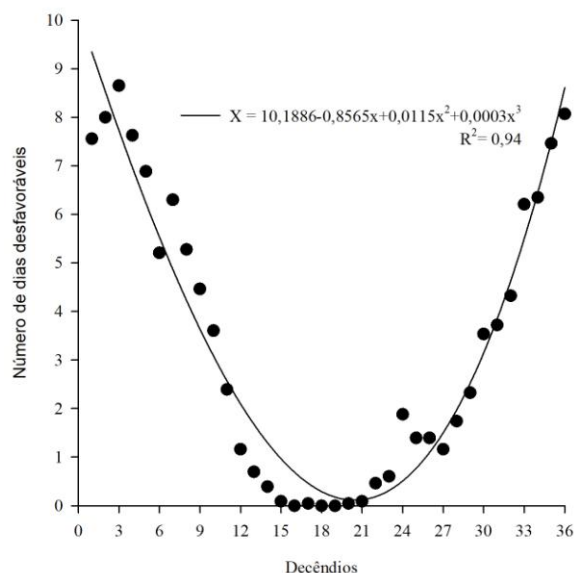


Figura 1: Dias desfavoráveis (temperatura máxima diária acima de 28°C) em função dos decêndios, em 43 anos analisados para a cidade de Cruz Alta - RS.

Entre os decêndios 13 a 23 (1° de maio a 20 de agosto), o número médio de dias desfavoráveis apresenta-se abaixo de um, não apresentando risco considerável de elevadas temperaturas. Inclusive, em alguns casos, chegando a “zero” dia desfavorável nos decêndios 16, 18 e 19, porém, neste período, o cultivo de feijão não é indicado e muito menos comum, devido as baixas temperaturas.

O percentual de anos em que ocorreu temperatura acima de 28 °C, evidencia que aos primeiros (1°, 2°, 3°, 4° e 5°) e últimos decêndios do ano (33°, 34°, 35° e 36°), que apresentaram até 3 dias de elevadas temperaturas foram muito baixos. Sendo, que no caso mais extremo, no 33° decêndio possuiu 14% dos anos analisados, os quais tiveram temperaturas que poderiam causar danos ao feijoeiro, portanto entre o 33° a 5° decêndio, a maioria dos anos apresentaram números de dias desfavoráveis acima de 4.

No 3° decêndio, há uma maior chance de ocorrência de um grande número de dias com temperatura superior a 28° C, cerca de 32,6 % dos anos analisados com 9 dias e 20,9 % com 10 dias. Isso também ocorreu no decêndio 2, com 32% com 8 dias desfavoráveis, 18% com 9 e 11% com 10, do total dos anos analisados.

Quando a porcentagem de anos com número de dias desfavoráveis aumenta representa um favorecimento ao florescimento da cultura, isso acontece a partir do 6° e 7° decêndio. Como ocorre no decêndio 6, com 14% dos anos, tendo 8 dias desfavoráveis.

Este período propício a cultura estende-se até próximo ao 32° decêndio, com 11,6 % dos anos analisados com 6 dias desfavoráveis, sendo que a partir deste período, a porcentagem de anos em que apresentam elevados dias desfavoráveis aumenta. Os decêndios 16, 18 e 19 são períodos em que 100% dos anos apresentaram “zero” dias desfavoráveis.

O terceiro decêndio apresentou o maior risco térmico por temperaturas elevadas tanto em termos médios quanto em chances de ocorrer 10 dias desfavoráveis no decêndio. Esses resultados são corroborados por outros autores. Para Carnelutti Filho et al., (2005), o 3° decêndio de janeiro é o período que apresenta maior risco térmico para a cidade de Cruz Alta, com cerca de 91% de probabilidade de temperatura máxima média do decêndio apresentar 28° C ou mais, seguido de 90% de chances para o decêndio 3 de dezembro, assim como os decêndios 1 e 2 de janeiro, com 89 e 87 % de probabilidade, respectivamente apresentando o período de maior risco térmico para o feijoeiro no município de Cruz Alta.

Quanto maior o tempo em que a planta permanece submetida ao stress, maior será o grau do dano, portanto, é indicado evitar períodos (decêndios) onde há maiores frequências de elevados número de dias

desfavoráveis, ou seja, entre o final da safra e início da safrinha (SILVA, 2005). A medida em que a planta permanece submetida ao stress, maior será o grau dos danos, com isso é indicado evitar períodos (decêndios) onde há maiores frequências de elevados número de dias desfavoráveis, ou seja, entre o final da safra e início da safrinha (SILVA, 2005).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O terceiro decêndio do ano (20 a 31 de janeiro) apresenta o maior risco térmico para o município de Cruz Alta devido a apresentar média de quase 9 dias desfavoráveis. Por isso deve-se evitar que o período reprodutivo do feijoeiro coincida com esse período. Todos os decêndios do mês de janeiro apresentam acima de 7 dias desfavoráveis. O maior percentual de anos que podem apresentar 10 dias desfavoráveis também foi identificado no terceiro decêndio do mês de janeiro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton; Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cezar; de MORAES GONÇALVES, José; SPAROVEK, Gerd Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p.711-728. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/metz_Vol_22_No_6_p711-728_Koppens_climate_classification_map_for_Brazil_82078.pdf>. Acesso em 12 jun. 2017.

BARBANO, Marcelo Trevizan. Risco Climático e épocas de semeadura para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) na safra das águas no estado de São Paulo. **Dissertação mestrado**. Campinas: Instituto Agrônômico. 2003.74p.

BINDER, Brad M; PATTERSON, Sara E. Ethylene-dependent and -independent regulation of abscission. *Stewart Postharvest Review*, v.5, p.1-10, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, Alberto; MATZENAUER, Ronaldo; MALUF, Jaime Ricardo Tavares; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo, da TRINDADE, Júlio Kuhn; SAWASATO, Joaquim Taizo; STOLZ, Álvaro Prestes. Temperatura máximas prejudiciais ao feijoeiro no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p. 1019-1026, set-out, 2005.

CARVALHO, José Joaquim; SAAD, João Carlos Cury; BASTOS, Alefe Viana Souza; NAVES, Sara Santiago; SOARES, Frederico Antônio Loureiro; VIDAL, Vitor Marques. Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu, v.1, p.104-117, 2014.

COLLI, Sandra.; PURGATTO, Eduardo. Etileno. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro RJ: Guanabara koogan, 2008. 431 p.

FIELD, Richard J. A relationship between membrane permeability and ethylene production at high temperature in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. In: **Annals of Botany Company**, 48, 1981. New Zealand.

HOFFMANN JÚNIOR, Leo; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo; ROSA, Simone Saydelles; JOST, Eevandro; POERSCH, Nerison Luis; MEDEIROS, Sandro Luís Petter. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1543-1548, nov./dez. 2007.

MALUF, Jaime Ricardo Tavares; CUNHA, Gilberto Rocca; MATZENAUER, Ronaldo; PASINATO, Aldemir; PIMENTEL, Márcia Barrocas Moreira; CAIAFF, Márcia Rodrigues. Zoneamento de risco climático para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n. 3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.468-476, ago./dez. 2001.

Mapa-Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de políticas agrícola. (Ato portaria n° 105, de 2 de ago 2017).

ROCHA, Paulo Roberto Ribeiro; ARAÚJO, Geraldo Antônio de Andrade; CARNEIRO, José Eustáquio de Souza; CECON, Paulo Roberto; LIMA, Tricia Costa. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, v.24, p.9-17, 2011.

SILVA, Joel Cordeiro. Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do rio grande do sul. 2005. 64 p. **Tese (Mestrado)**-Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, Santa Maria, 2005.

SILVA, Joel Cordeiro; HELDWEIN, Arno Bernardo; MARTINS, Fabrina Bolzan; STRECK, Nereu Augusto; GUSE, Fabrício Ivan. Risco de estresse térmico para o feijoeiro em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p. 643-648, mai-jun, 2007.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Etileno. In: **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre RS: Artmed, 2013. 918 p.

UNIVERSIDADE LIVRE DO BRASIL (UNILIBRA). **Graduação em Engenharia de Produção**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://unilibra.br/graduacao/eng-prod.htm>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

ZUCARELI, Claudemir; PRANDO, André Mateus; RAMOS JUNIOR, Edison Ulisses; NAKAGAWA, João. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão carioca precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, p.32-38, 2011.

RISCO TÉRMICO PARA O FEIJOEIRO POR ALTAS TEMPERATURAS EM DE SÃO LUIZ GONZAGA - RS

Atawana Vitória da Silva¹; Guilherme Masarro Araujo²; Sidinei Zwick Radons³; Lana Bruna de Oliveira Engers⁴; Fábio Miguel Knapp⁵

Autor para correspondência: atawanavitoria@outlook.com

¹Discente de Graduação na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ²Discente de Pós-graduação na Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul; ³Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ⁴Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ⁵Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás

RESUMO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é cultivado com pouca tecnologia em pequenas propriedades para subsistência, sendo altamente suscetível a temperaturas acima de 28 °C, podendo haver o abortamento de estruturas reprodutivas devido ao aumento da síntese de etileno. A partir disso o objetivo do trabalho foi avaliar o risco térmico para a cultura do feijoeiro no município de São Luiz Gonzaga – RS com a utilização de dados de temperatura máxima do ar coletados no BDMEP, verificando a frequência média de dias desfavoráveis por decêndio (acima de 28 °C). O terceiro decênio do ano manifestou o maior risco térmico, apresentando até 10 dias desfavoráveis em quase 33% dos anos analisados. O período com as menores médias de dias desfavoráveis ocorreu entre os decêndios 15 e 21.

PALAVRAS-CHAVE: Phaseolus vulgaris; Síntese de Etileno; Abcisão

THERMAL RISK FOR COMMON BEAN DUE TO HIGH TEMPERATURES IN SÃO LUIZ GONZAGA– RS

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris*) is cultivated with little technology in small subsistence farms, being highly susceptible to temperatures above 28 °C, there may be reproductive structures abortion due to increased ethylene synthesis. The aim of this study was to evaluate the thermal risk for bean crop in São Luiz Gonzaga - RS, Brazil, using the daily maximum air temperature data collected in the BDMEP, verifying the average frequency of unfavorable days (above of 28 °C) in a ten-day interval. The third ten-day period of the year showed the greatest thermal risk, showing up to 10 unfavorable days in almost 33% of the analyzed years. The ten-day periods with the lowest unfavorable days averages occurred between 15 and 21.

KEY-WORDS: Phaseolus vulgaris; Ethylene Synthesis; Abscission

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta destaque entre as culturas cultivadas no Brasil como importante fonte de proteínas na dieta humana (CARVALHO et al., 2014). A cultura apresenta-se sensível à elementos climáticos, pragas, doenças e condição nutricional (ZUCARELI et al., 2011), fatores que podem explicar as variações e baixas produtividades da cultura (ROCHA et al., 2011).

Um regime de temperatura acima de 25° C pode desencadear o aumento da síntese do etileno em folhas de feijoeiro, duplicando a produção do hormônio próximo aos 35 a 37,5 °C (FIELD, 1981).

A faixa de temperatura média ótima do feijoeiro é de 18 a 24° C, com temperaturas acima de 30° C e abaixo de 12° C comprometem fatores determinantes na produtividade da cultura do feijoeiro, provocando abortamento de flores e vagens, atraso e redução de germinação e desenvolvimento (HOFFMANN JUNIOR et al., 2007). A probabilidade acima de 50 % de um decêndio apresentar temperaturas do ar acima de 32 °C, pode inviabilizar a produtividade econômica da cultura (BARBANO, 2003). Os zoneamentos agrícolas para a cultura, definido através do ISNA (Índice de Satisfação de Necessidade de Água) a partir do balanço hídrico da cultura (MALUF et al., 2001; MAPA, 2017), não considera o fator temperatura do ar na definição do risco climático.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar quais os períodos de maior e menor risco térmico para o feijoeiro no município de São Luiz Gonzaga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos através da estação meteorológica do município de São Luiz Gonzaga, no estado do Rio Grande do Sul, de um período de 44 anos. Partindo do pressuposto de que a partir de 28° C inicia-se os processos que acarretam em prejuízos no rendimento, foram classificados como dias desfavoráveis quando a temperatura máxima do ar atingisse tal valor (CARGNELUTTI FILHO et al., 2005). Desta forma, analisando a frequência é possível indicar os períodos favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura, separando os períodos em decênios num total de 36.

Foram calculadas as médias e a frequência de dias desfavoráveis para cada decêndio no período e foi realizada análise de regressão das médias de número de dias desfavoráveis em função dos decênios, análise realizadas com planilha eletrônica de dados e software Genes (SILVA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 vê-se a relação entre o decêndio e o número de dias desfavoráveis em cada decêndio. São Luiz Gonzaga apresenta alta média com maior número de dias desfavoráveis máximos por decêndio, caso do terceiro decêndio, o qual aproxima-se de 8 dias desfavoráveis, sendo um dos períodos que mais apresenta dias desfavoráveis, seguido pelo 36° decêndio, com 7,57 dias desfavoráveis. De forma geral, o período compreendido entre o 32° até o 8° decêndio, apresentam pelo menos, 5 dias ou mais, de período desfavorável.

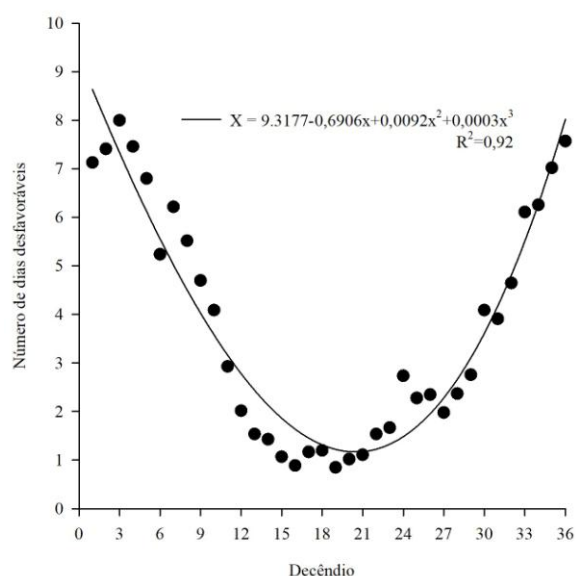


Figura 1: Dias desfavoráveis (temperatura máxima diária acima de 28°C) em função dos decêndios, em 43 anos analisados para o município de São Luiz Gonzaga - RS.

Durante o restante do período, o número de dias desfavoráveis diminui. Porém, na condição avaliada, a média de dias desfavoráveis sequer aproximou-se de zero. Ou seja, em períodos menos críticos, ainda há chance de ocorrer próximo de um dia desfavorável no decêndio, o que pode ser atribuído a baixa elevação do local, favorecendo temperaturas mais elevadas. Cargnelutti Filho et al. (2005) constatou relação entre altitude e longitude com temperaturas ou o risco térmico, onde a maior risco térmico para a cultura do feijoeiro em regiões de menor altitude e longitude.

Na Tabela 1, observa-se que durante os decêndios iniciais (entre 1° a 8°) e finais (32° ao 36°), as porcentagens de anos em que ocorreram um número baixo de dias desfavoráveis são nulas ou muito baixas, sendo que as maiores porcentagens de anos, concentram-se entre 7 a 10 dias desfavoráveis durante esses períodos. O decêndio 3, apresentou a maior chance de ocorrer até 10 dias desfavoráveis, cerca de 32,6% dos anos analisados, alcançaram a marca dos 28° C.

Próximo ao 10° decêndio, estendendo-se até o 16°, a porcentagem de anos em que ocorrem grandes números de dias desfavoráveis decai consideravelmente, atingindo porcentagem de anos bem baixos e até mesmo nulo (zero), até atingir o 16° decêndio, em que chega a 39,5% dos anos que não apresentaram nenhum dia desfavorável. A partir do 20° decêndio inicia um processo ascendente, onde aumenta o número de anos com chances de ocorrer elevados números de dias desfavoráveis.

Tabela 1: Percentual de anos em que ocorreram dias desfavoráveis (temperatura máxima diária acima de 28°C) por decêndio, na cidade de São Luiz Gonzaga - RS.

Decêndio	Número de dias desfavoráveis										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				4,7	4,7	11,6	4,7	4,7	34,9	16,3	18,6
2				2,3	4,7		9,3	18,6	23,3	23,3	18,6
3						2,3	16,3	9,3	11,6	27,9	32,6
4					7,0	2,3	2,3	23,3	23,3	23,3	18,6

5			2,3	2,3	2,3	9,3	9,3	18,6	30,2	23,3	2,3
6		2,3	4,7	14,0	11,6	18,6	7,0	18,6	14,0	9,3	
7		2,3	2,3	4,7	7,0	11,6	20,9	16,3	7,0	16,3	11,6
8	4,7	4,7	4,7	4,7	2,3	20,9	2,3	32,6	9,3	7,0	7,0
9	7,0	9,3	4,7	14,0	14,0	7,0	11,6	7,0	7,0	11,6	7,0
10	7,0	9,3	7,0	14,0	9,3	18,6	14,0	14,0	2,3	4,7	
11	11,6	16,3	20,9	9,3	11,6	9,3	14,0	4,7	2,3		
12	25,6	20,9	9,3	20,9	11,6	4,7	4,7	2,3			
13	32,6	16,3	27,9	14,0	2,3	2,3	2,3	2,3			
14	23,3	41,9	11,6	9,3	9,3	4,7					
15	34,9	34,9	16,3	9,3	4,7						
16	39,5	32,6	23,3	2,3	2,3						
17	39,5	27,9	9,3	14,0	9,3						
18	23,8	38,1	28,6	2,4	7,1						
19	31,0	45,2	23,8								
20	39,5	27,9	16,3	16,3							
21	37,2	30,2	18,6	9,3		4,7					
22	25,6	34,9	14,0	14,0	2,3	4,7	4,7				
23	20,9	30,2	23,3	9,3	9,3	4,7	2,3				
24	9,3	18,6	14,0	16,3	25,6	11,6	2,3				2,3
25	9,3	27,9	30,2	4,7	11,6	7,0	4,7	4,7			
26	7,0	27,9	18,6	23,3	7,0	9,3	7,0				
27	16,3	18,6	34,9	16,3	2,3	7,0	2,3	2,3			
28	9,3	16,3	30,2	16,3	16,3	7,0	4,7				
29	7,0	14,0	18,6	25,6	16,3	11,6	4,7	2,3			
30	2,3	11,6	7,0	16,3	16,3	16,3	14,0	7,0	2,3	4,7	2,3
31		7,1	19,0	11,9	11,9	23,8	11,9	7,1	4,8	2,4	
32	4,8	2,4	4,8	9,5	16,7	21,4	16,7	4,8	9,5	9,5	
33				7,1	9,5	11,9	14,3	11,9	28,6	14,3	2,4

34		2,3		7,0	2,3	14,0	18,6	23,3	9,3	14,0	9,3
35				4,7	4,7	4,7	14,0	23,3	14,0	11,6	23,3
36			2,3		2,3	2,3	11,6	16,3	20,9	20,9	23,3

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O terceiro decêndio do ano (20 a 31 de janeiro) apresenta o maior risco térmico para o feijoeiro no município de São Luiz Gonzaga, por poder apresentar até 10 dias desfavoráveis em quase 33% dos anos. Todos os decêndios do mês de janeiro apresentam mais de 7 dias desfavoráveis.

O período que compreende o 16º decêndio estendendo-se até o 22º é o de menor risco por apresentar o menor número de dias desfavoráveis.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBANO, Marcelo Trevizan. Risco Climático e épocas de semeadura para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) na safra das águas no estado de São Paulo. **Dissertação mestrado**. Campinas: Instituto Agronômico. 2003.74p.

CARGNELUTTI FILHO, Alberto; MATZENAUER, Ronaldo; MALUF, Jaime Ricardo Tavares; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo, da TRINDADE, Júlio Kuhn; SAWASATO, Joaquim Taizo; STOLZ, Álvaro Prestes. Temperatura máximas prejudiciais ao feijoeiro no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p. 1019-1026, set-out, 2005.

CARVALHO, José Joaquim; SAAD, João Carlos Cury; BASTOS, Alefe Viana Souza; NAVES, Sara Santiago; SOARES, Frederico Antônio Loureiro; VIDAL, Vitor Marques. Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu, v.1, p.104-117, 2014.

FIELD, Richard J. A relationship between membrane permeability and ethylene production at high temperature in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. In: **Annals of Botany Company**, 48, 1981. New Zealand.

HOFFMANN JÚNIOR, Leo; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo; ROSA, Simone Saydelles; JOST, Eevandro; POERSCH, Nerison Luis; MEDEIROS, Sandro Luís Petter. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1543-1548, nov./dez. 2007.

MALUF, Jaime Ricardo Tavares; CUNHA, Gilberto Rocca; MATZENAUER, Ronaldo; PASINATO, Aldemir; PIMENTEL, Márcia Barrocas Moreira; CAIAFF, Márcia Rodrigues. Zoneamento de risco climático para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n. 3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.468-476, ago./dez. 2001.

Mapa-Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de políticas agrícola. (Ato portaria nº 105, de 2 de ago 2017).

ROCHA, Paulo Roberto Ribeiro; ARAÚJO, Geraldo Antônio de Andrade; CARNEIRO, José Eustáquio de Souza; CECON, Paulo Roberto; LIMA, Trícia Costa. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, v.24, p.9-17, 2011.

SILVA, Joel Cordeiro; HELDWEIN, Arno Bernardo; MARTINS, Fabrina Bolzan; STRECK, Nereu Augusto; GUSE, Fabrício Ivan. Risco de estresse térmico para o feijoeiro em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p. 643-648, mai-jun, 2007.

ZUCARELI, Claudemir; PRANDO, André Mateus; RAMOS JUNIOR, Edison Ulisses; NAKAGAWA, João. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão carioca precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, p.32-38, 2011.

FAVORABILIDADE DA VELOCIDADE DO VENTO À PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA EM SÃO LUIZ GONZAGA, RS

Eduardo Schepke¹; Sidinei Zwick Radons²; Francis Valdemar Fernandes¹; Anderson Spohr Nedel²; Lana Bruna de Oliveira Engers³
Autor para correspondência: eduardoschepke@hotmail.com

¹Discente de Graduação na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ²Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS; ³Discente de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi determinar a favorabilidade da velocidade do vento para a pulverização agrícola nos diferentes meses do ano e horários do dia em São Luiz Gonzaga, RS. Foram usados dados horários fornecidos pelo INMET do ano de 2007 até o ano de 2018 e estes classificados de acordo com o horário do dia e o mês do ano. Foram realizadas análises do percentual dos dias em que a velocidade do vento foi favorável para a atividade de pulverização agrícola, considerando dois limites de velocidade, 3 e 10 km h⁻¹ e até 10 km h⁻¹. Como resultado, tem-se que horário mais favorável para pulverização agrícola em ambos limites de velocidade do vento foi as 19 horas, e o menos foi as 9 horas. O mês mais favorável foi março e o menos favorável foi agosto.

PALAVRAS-CHAVE: velocidade do vento; pulverização agrícola; São Luiz Gonzaga-RS

WIND SPEED FAVORABILITY TO AGRICULTURAL SPRAYING IN SÃO LUIZ GONZAGA, RS, BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the propensity of the wind velocity for agricultural spraying in the different months of the year and times of day in São Luiz Gonzaga, RS. Time data provided by INMET from year 2007 to 2018 were used and classified according to the time of day and month of the year. The percentage of days when the wind speed was favorable for the agricultural spraying activity was analyzed, considering two speed limits, 3 and 10 km h⁻¹ and up to 10 km h⁻¹. As a result, it has been found that the most favorable time for agricultural spraying at both wind speed limits was at 7 pm, and at least at 9 am. The most favorable month was March and the least favorable month was August.

KEY-WORDS: wind speed; agricultural spraying; São Luiz Gonzaga-RS

INTRODUÇÃO

Projetos para produção agrícola, além de outras áreas, buscam informações sobre velocidade e direção do vento para embasar sua tomada de decisão sobre sua implantação. Na agricultura o vento possui grande importância, seja na polinização, na influência sobre evaporação e evapotranspiração, no transporte de vapor de água e calor pelo processo de advecção. Com o conhecimento sobre a velocidade e a direção dos ventos obtêm-se parâmetros para implantação de quebra ventos, índices de conforto térmico para animais em projetos rurais, projetos de irrigação e tomada de decisão quanto à pulverização agrícola (LOPES, 2002).

Um dos motivos de deriva em aplicações com pulverizadores é o vento, as gotas que são lançadas ao ar podem ser carregadas para locais não desejados e causar danos a plantas nativas ou cultivadas, além de poluição (ANDEF, 2010). Segundo Antuniassi (2005), a velocidade de vento ideal para aplicação é entre 3 e 10 km h⁻¹.

Segundo Costa et al. (2007), em estudo realizado para avaliar a deriva dos agrotóxicos, um dos parâmetros avaliados foi a velocidade do vento sendo realizada em dois dias: no primeiro a velocidade do vento ultrapassou 10 km h⁻¹ e no segundo esta ficou abaixo de 6 km h⁻¹. Foram fixados dois amostradores, na direita e na esquerda da cabine do trator, mais dois amostradores nas extremidades da barra, totalizando quatro amostradores de espuma. Conforme esperado, no período em que ocorreu maior velocidade do vento à deriva foi maior. No entanto, ocorreu diferença quanto ao tipo de ponta de pulverização, sendo que com jato cônico à deriva foi maior do que a encontrada com ponta de pulverização com jato plano com indução de ar.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Determinar a favorabilidade da velocidade do vento para a pulverização agrícola nos diferentes meses do ano e horários do dia em São Luiz Gonzaga, RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com os dados da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em São Luiz Gonzaga (RS), do período de 2007 até 2018. Esta estação localiza-se à latitude 28°25'01,61"S e longitude 54°57'44,65"O, a 246 metros de altitude. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013).

Os dados foram classificados de acordo com o horário do dia e o mês do ano. Foram realizadas análises do percentual dos dias em que a velocidade do vento foi favorável para a atividade de pulverização agrícola, considerando dois limites de velocidade. Em um primeiro limite, foram considerados favoráveis os dados de velocidade do vento em 3 e 10 km h⁻¹. Em outra classificação, o limite inferior foi desconsiderado, apurando-se apenas se a velocidade não excedia 10 km h⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na média anual, o horário que apresenta maior favorabilidade de pulverização é o das 19 horas, em ambos os limites de velocidade do vento, entre 3 – 10 km h⁻¹ foi 63% e de até 10 km h⁻¹ foi de 72% (Figura 1), condizendo com o que Antuniassi (2005) relata, e que esse horário correto das aplicações deve ser respeitado, evitando-se temperaturas acima de 30 °C e umidade do ar inferior a 55%. O segundo e terceiro melhor horário para o limite de velocidade entre 3 – 10 km h⁻¹ foi às 20 horas e às 18 horas, com as respectivas favorabilidades, 61% e 60%, já para o limite de velocidade de até 10 km h⁻¹, ambos os horários das 18 e 20 horas, tiveram a mesma favorabilidade, 68%.

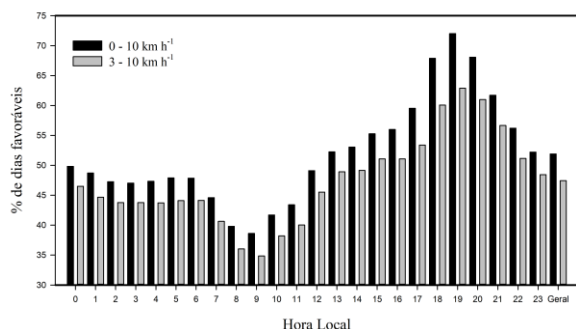


Figura 1: Favorabilidade anual da velocidade do vento para atividade de pulverização agrícola em diferentes horários do dia em São Luiz Gonzaga, RS, considerando os limites de velocidade entre 3 – 10 km h⁻¹ e até 10 km h⁻¹.

O horário menos favorável para pulverização em ambos limites de velocidade do vento foi as 9 horas, entre 3 – 10 km h⁻¹ com 35 % e de até 10 km h⁻¹ com 39 %. Seguido pelo horário das 8 horas, com as respectivas favorabilidades, 38% e 40%.

Em relação à favorabilidade da velocidade do vento para o limite entre 3 – 10 km h⁻¹ de acordo com os meses do ano (Tabela 1), pode-se observar que o mês mais favorável é março com 58 %, seguido por abril (55%) e fevereiro (54%). Já os meses menos favoráveis a pulverização, são os meses de agosto (36%), setembro (40%), outubro e julho (41%).

Tabela 1: Favorabilidade da velocidade do vento para atividade de pulverização agrícola em diferentes horários do dia e meses do ano em São Luiz Gonzaga, RS, considerando o limite de velocidade entre 3 – 10 km h⁻¹.

Hora Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
0	44	51	49	58	55	47	38	35	39	42	48	52	46
1	40	50	51	57	50	44	36	33	38	43	45	50	45
2	46	43	56	53	47	45	34	30	37	40	43	50	44
3	44	47	56	54	44	46	35	30	36	41	42	50	44
4	46	53	54	52	41	48	33	33	33	39	44	48	44
5	49	51	55	49	43	43	36	36	32	40	42	50	44
6	48	56	55	50	46	43	36	32	38	38	41	45	44
7	47	55	50	42	47	44	36	33	34	33	30	40	41
8	38	44	43	43	40	42	30	31	32	26	30	38	36
9	40	46	42	41	35	37	32	27	29	26	27	38	35
10	46	49	48	43	41	39	30	22	29	30	36	42	38
11	48	54	52	44	38	38	34	24	30	32	38	46	40
12	55	60	59	51	48	41	37	28	37	35	44	50	46
13	57	60	63	57	52	48	39	30	42	39	47	53	49
14	57	60	68	55	50	50	42	31	41	39	45	51	49
15	57	57	69	59	58	54	41	34	42	45	46	53	51
16	53	54	62	58	61	56	49	37	43	46	45	51	51

17	51	53	61	61	68	59	59	47	50	43	48	47	53
18	50	59	68	69	73	66	66	65	62	52	48	53	60
19	58	68	70	71	70	69	60	58	61	60	59	56	63
20	60	69	72	68	66	57	55	50	53	57	62	63	61
21	57	60	67	67	60	56	48	44	50	52	61	57	57
22	50	49	60	66	55	49	42	38	45	50	56	54	51
23	44	47	54	66	57	49	42	38	41	43	50	53	48
Geral	49	54	58	55	52	48	41	36	40	41	45	50	47

Em relação à favorabilidade da velocidade do vento para o limite de até 10 km h⁻¹ de acordo com os meses do ano (Tabela 2), pode-se observar que o mês mais favorável é março com 63%, seguido pelo mês de abril (62%) e em terceiro o mês de fevereiro (59%). Já os meses menos favoráveis a pulverização a essa velocidade de vento, são os meses de agosto (38%), setembro (44%) e julho (46%).

Tabela 2: Favorabilidade da velocidade do vento para atividade de pulverização agrícola em diferentes horários do dia e meses do ano em São Luiz Gonzaga, RS, considerando o limite de velocidade até 10 km h⁻¹.

Hora Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
0	48	54	54	62	59	51	42	37	41	45	51	57	50
1	45	56	54	62	58	50	38	36	41	46	47	54	49
2	51	48	59	57	51	50	36	33	40	43	45	53	47
3	47	51	60	56	48	51	38	33	39	44	43	53	47
4	49	57	59	56	48	50	38	35	36	41	47	52	47
5	52	55	60	55	49	48	39	38	34	44	45	53	48
6	52	60	61	54	50	48	40	35	41	40	45	49	48
7	50	58	54	48	51	49	39	35	38	36	34	46	45
8	41	49	48	48	46	47	34	32	35	29	33	40	40
9	42	49	48	46	41	42	37	29	32	29	30	42	39
10	48	53	53	49	45	44	34	24	31	33	39	46	42
11	52	58	55	50	43	40	38	25	32	35	41	50	43
12	58	63	64	55	51	46	41	30	40	38	47	54	49
13	61	63	67	62	55	52	44	31	44	41	49	57	52

14	60	63	71	63	58	54	46	34	45	41	47	55	53
15	61	62	72	65	65	59	46	36	45	48	49	56	55
16	58	60	67	66	66	63	55	39	48	49	50	55	56
17	57	59	68	72	77	70	66	50	54	48	52	52	60
18	59	66	78	83	83	75	76	71	66	58	55	58	68
19	67	77	84	85	78	73	69	62	67	69	71	67	72
20	70	79	81	80	74	64	60	52	56	62	71	71	68
21	62	66	74	75	67	60	53	47	53	55	67	62	62
22	56	55	66	71	62	55	49	40	48	53	62	60	56
23	48	53	58	69	61	55	48	40	43	47	54	56	52
Geral	54	59	63	62	58	54	46	38	44	45	49	54	52

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O horário mais favorável para pulverização agrícola em ambos limites de velocidade do vento foi as 19 horas, e o menos foi as 9 horas. O mês mais favorável foi março e o menos favorável foi agosto.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton; Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cezar; de MORAES GONÇALVES, José; SPAROVEK, Gerd Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p.711-728. 2014.

ANDEFF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. 1º ed. Campinas, SP: Linea Creativa. 2004

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; BIZARI, I. R. Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos. In V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA – Agronegócio, Tecnologia e Inovação, 2005, Londrina. Anais... Londrina: SBI-Agro, 2005. p. 1-2.

COSTA, A.G.F. et al. **Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência**. *Planta daninha* [online]. 2007, vol.25, n.1, pp.203-210. ISSN 0100-8358. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000100023>.

INMET. Normais climatológicas do Brasil: período 1961-1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LOPES, Gláucia Miranda; MOURA, Magna Soelma Beserra de. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró – RN, para as quatro estações do ano. **Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu**. Anais... Foz de Iguaçu: SBMET, 1 CD-ROM., Dez 2002.

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA COM BASE NA RADIAÇÃO GLOBAL NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA

Mariana Pizzatto¹; Tamara Zamadei¹; Soneize Auxiliadora de Miranda¹; Adilson Pacheco de Souza²; Cornélio Alberto Zolin³

Autor para correspondência: marianapizzatto23@gmial.com

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT; ²Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT; ³Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

RESUMO

O conhecimento dos níveis da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é de extrema importância para aplicações biológicas e agrônomicas. O monitoramento desta fração da radiação global (H_G) ocorre por meio de sensores que, em geral, apresentam altos custos de aquisição e dificuldades na aferição (calibração). Objetivou-se gerar e validar modelos estatísticos (correlações) para estimativas diárias simplificadas da radiação PAR em função de H_G , para diferentes condições de cobertura de céu (índice de claridade – K_T), no município de Sinop-MT (transição Cerrado-Amazônia). As medidas de H_G e PAR, entre 08/2013 e 07/2017, foram obtidas da base de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Agrossilvipastoril. As classes do coeficiente de transmissividade atmosférica (K_T) avaliadas foram: $K_T \leq 0,35$, nublado; $0,35 < K_T \leq 0,55$, céu parcialmente nublado; $0,55 < K_T \leq 0,65$, céu parcialmente aberto; e $K_T > 0,65$, céu aberto. Para avaliação do desempenho estatístico dos modelos gerados foram empregados os indicativos do erro absoluto médio (MBE), da raiz quadrada do quadrado médio do erro (RMSE) e índices de ajustamento (d). O valor diário médio observado para PAR foi de $7,06 \text{ MJ m}^{-2}$, com mínimo e máximo de $0,72$ e $10,78 \text{ MJ m}^{-2}$, respectivamente, com média 37% de H_G . As maiores frações PAR/ H_G ocorreram no período chuvoso, devido às alterações nos processos de absorção e de espalhamento da radiação pelo vapor d'água nas distintas faixas do espectro. Os modelos lineares apresentaram propiciam boas estimativas da PAR, com R^2 acima de 0,9 e bons indicativos estatísticos. Independentemente da cobertura de céu, ocorreram superestimativas da PAR, com menores desvios para céu nublado e parcialmente nublado.

PALAVRAS-CHAVE: índice de claridade; coeficiente de transmissividade atmosférica; indicativos estatísticos

ESTIMATION OF PAR RADIATION BASED ON GLOBAL RADIATION IN THE CERRADO-AMAZON TRANSITION

ABSTRACT

The knowledge of the levels of photosynthetically active radiation (PAR) is extremely important for biological and agronomic applications. The monitoring of this fraction of the global radiation (H_G) occurs through sensors that, in general, present high acquisition costs and difficulties in calibration. Thus, the objective of this study was to obtain and validate statistical models (correlations) for simplified daily estimates of PAR radiation as a function of H_G , for different sky cover conditions in the municipality of Sinop-MT (Cerrado- Amazon). The measures of H_G and PAR, between 08/2013 and 07/2017, were obtained from the database of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA) Agrosilvopastoral. The classes of the coefficient of atmospheric transmissivity (K_T) evaluated were: $K_T \leq 0.35$, cloudy; $0.35 < K_T \leq 0.55$, partly cloudy sky; $0.55 < K_T \leq 0.65$, partly open sky; and $K_T > 0.65$, open sky. To evaluate the statistical performance of the models generated, the mean absolute error (MBE), square root mean square error (RMSE) and the adjustment indice (d) were used. The mean daily value observed for PAR was 7.06 MJ m^{-2} , with minimum and maximum of 0.72 and 10.78 MJ m^{-2} , respectively, representing on average 37%

of H_G . The values of the PAR/ H_G fraction are observed during the rainy season due to changes in the absorption and scattering processes of the water vapor in the different bands of the spectrum. Linear models presented good adjustments, with R^2 above 0.9 and good statistical performance. Independently of the sky cover, it is tended to overestimate the PAR, with smaller deviations for the coverings of cloudy and partially cloudy sky.

KEY-WORDS: clearness index; atmospheric transmissivity coefficient; statistical indicators

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos níveis da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) é de extrema importância para estudos biológicos e agrônômicos que envolvem o crescimento e desenvolvimento das plantas (WOODWARD, 1983; RAO, 1984). Compreendida entre 400 e 700nm na faixa espectral, esta fração da radiação global é amplamente utilizada no processo fotossintético, podendo ser expressa em termos de irradiância solar ($W m^{-2}$) ou densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) (KATHILANKAL et al., 2014).

Apesar de sua relevância, as medidas in situ da PAR são escassas devido as dificuldades e altos custos envolvidos na aquisição e manutenção de sensores, o que leva pesquisadores e profissionais a obterem seu valor por meio de métodos de estimativa (WANG et al., 2016). Tais modelos podem ser classificados em três categorias: físicos, empíricos e baseados em imagens de satélite. Uma série de modelos empíricos com base na relação entre a PAR e a radiação global (H_G) foram desenvolvidos e, em geral, apresentam as vantagens de serem simples e de fácil utilização. A desvantagem é que geralmente são restritos às condições climáticas locais e não podem ser utilizados em áreas onde não há medidas disponíveis (NYAMSI et al., 2015; SUN et al., 2017; WENJUN, et al., 2017).

A proporção real PAR/ H_G depende da cobertura do céu e das propriedades ópticas da atmosfera, sendo fortemente afetada pela presença de nuvens. Suas partículas são responsáveis por processos de dispersão que afetam mais acentuadamente os comprimentos de onda mais curtos, que incluem a faixa espectral da PAR (ALADOS et al., 2000; HU et al., 2016). Portanto, o coeficiente de transmissividade atmosférica (K_T), razão entre H_G e a radiação no topo da atmosfera (H_0), tem sido amplamente empregado como parâmetro de estimativa (AL-SHOOSHAN, 1997; TSUBO & WALKER, 2005).

O Estado de Mato Grosso, em especial a região Médio-Norte, destaca-se a nível nacional pela produção de grãos. A ciência dos níveis da PAR incidente nos locais de plantio gera informações que permitem o manejo adequado das culturas, proporcionando maior qualidade no uso dessa radiação e, conseqüentemente, maior produtividade, dada a correlação direta dessa característica com a eficiência fotossintética (PETTER et al., 2016).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente estudo objetivou estimar a radiação solar fotossinteticamente ativa em função da radiação global para diferentes coberturas de céu no município de Sinop-MT, região de transição Cerrado-Amazônia do Mato Grosso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de radiação solar global (H_G) e fotossinteticamente ativa (PAR) foram obtidos junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Agrossilvipastoril, provenientes de estação meteorológica automática localizada no município de Sinop-MT (latitude: $-11^{\circ}51'42.6''$, longitude: $-55^{\circ}36'45.1''$, altitude 370m). A série de dados estudada compreende de 13/08/2013 a 30/06/2017, sendo que a estação ficou inoperante no período de 28/10/2014 a 07/01/2015.

O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é do tipo tropical quente e úmido Aw, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro).

Para estimativa da PAR nas diferentes coberturas de céu foram calculados os valores de transmissividade atmosférica (K_T) diários, razão entre H_G e a irradiação no topo da atmosfera (H_0). Posteriormente, estabeleceu-se a classificação da cobertura de céu em função de K_T proposta por Escobedo et al. (2009), a qual dispensa o uso de dados de radiação direta e/ou difusa, e considera os tipos de condição de céu expostos na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da cobertura de céu em função de K_T .

Classe	Intervalo de K_T	Cobertura de céu
1	$0 \leq K_T < 0,35$	Nublado
2	$0,35 \leq K_T < 0,55$	Parcialmente nublado
3	$0,55 \leq K_T < 0,65$	Parcialmente aberto
4	$K_T \geq 0,65$	Aberto

Foram avaliadas as correlações entre H_G e PAR, e geradas equações de estimativa para os agrupamentos de dados anual e nas classes de K_T , com suas respectivas validações; sendo a equação anual também validada dentro de cada agrupamento de cobertura de céu. Para tanto, na geração das equações foram empregados dados referentes aos anos de 2013, 2014, 2015 e 2017 (contabilizando 973 dias com medidas), enquanto que para a validação foram utilizados os dados do ano de 2016 (365 dias sem falhas).

Na avaliação do desempenho estatístico das equações foram empregados os indicativos MBE, RMSE e índice de ajustamento “d” de Willmott (Eqs. 1, 2 e 3).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N} \quad (\text{eq. 1})$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{eq. 2})$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i| + |O_i|)^2} \quad (\text{eq. 3})$$

em que: P_i - valores estimados; O_i - valores medidos; N - número de observações; - valor absoluto da diferença ; - valor absoluto da diferença .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mensais da temperatura e umidade relativa do ar, e os totais de precipitação observados no local de estudo são expostos na Figura 1. As temperaturas médias mensais oscilaram entre 24,8°C e 26,8°C, com valor médio anual de 25,6°C, e a umidade relativa do ar atingiu médias mínimas e máximas mensais de 47,2 e 83,5% em agosto e janeiro, respectivamente.

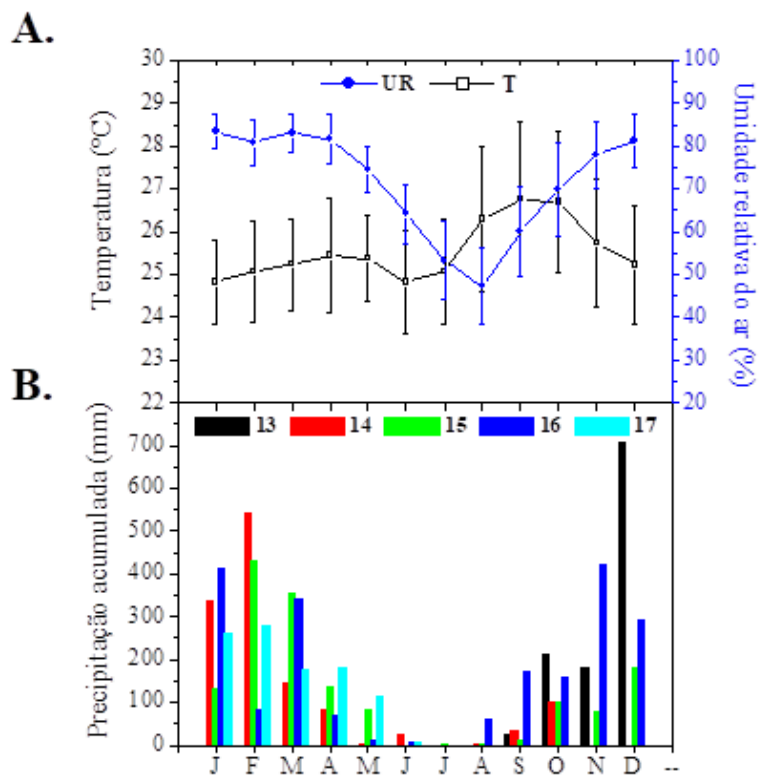


Figura 1: Evolução média anual da temperatura e umidade relativa do ar (A), e da precipitação acumulada (B) para a região de Sinop-MT, entre 13/08/2013 e 30/06/2017.

A Figura 2 apresenta os valores diários de H_G e PAR ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) ao longo dos anos de 2013 a 2017. Os valores diários médios observados para H_G e PAR foram de 18,88 e $7,06 \text{ MJ m}^{-2}$, sendo os mínimos de 2,00 e $0,72 \text{ MJ m}^{-2}$ e máximos de 28,82 e $10,78 \text{ MJ m}^{-2}$, respectivamente.

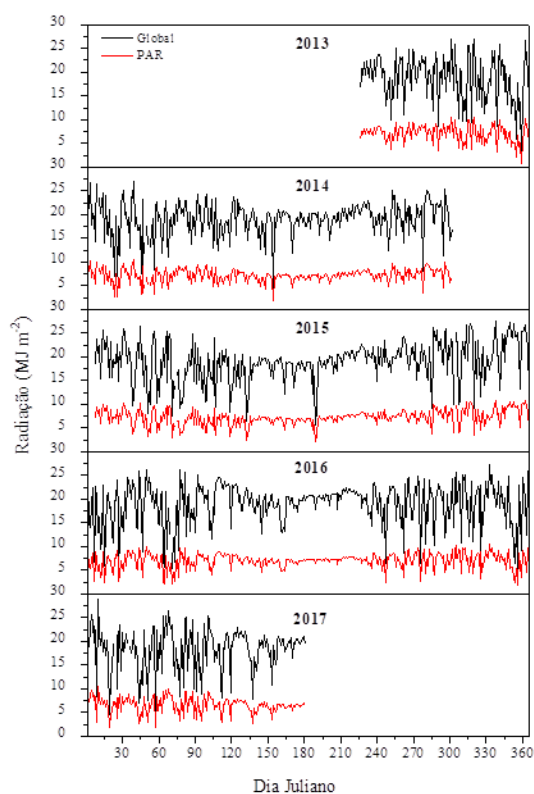


Figura 2: Valores diários de H_G e PAR ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) na região de Sinop-MT, entre 12/08/2013 a 30/06/2017.

Através do cálculo de K_T é possível observar como a composição atmosférica interfere na transmissão da radiação global (Figura 3). Os maiores valores predominam durante o período de seca (outono/inverno), quando há baixos índices pluviométricos.

O comportamento das radiações global e fotossinteticamente ativa ao longo do ano, assim como as porcentagens médias mensais da razão PAR/H_G são exibidos na Figura 4. Os maiores valores de H_G ocorrem no período seco, enquanto que da PAR podem ser observados no período chuvoso. Tais valores podem ser explicados pelo fato da PAR corresponder à maiores frações de H_G durante as chuvas. A radiação fotossinteticamente ativa atinge média mensal diária mínima no mês de junho ($6,52 \text{ MJ m}^{-2}$) e máxima em outubro ($7,65 \text{ MJ m}^{-2}$).

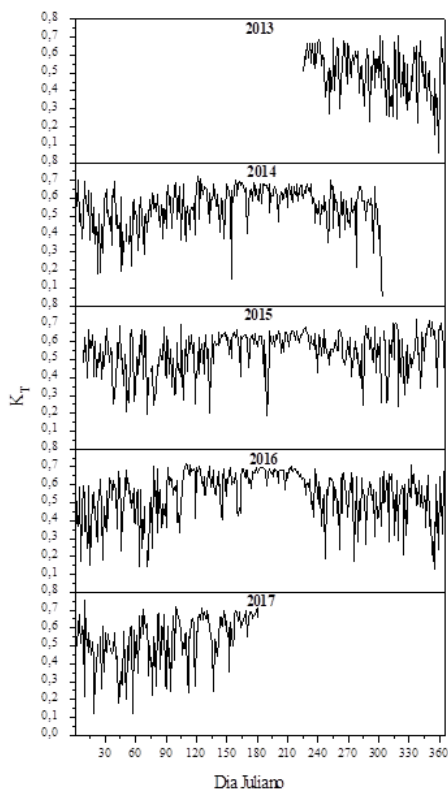


Figura 3: Coeficiente de transmissividade atmosférica (K_T) na região de Sinop-MT, entre 12/08/2013 a 30/06/2017.

Os maiores desvios são observados no período chuvoso, com máximos em dezembro, devido a índices pluviométricos acima do normal no ano de 2013, como pode ser observado na Figura 1B, que afetam diretamente a quantidade de radiação solar que atinge a superfície terrestre. De acordo com Zamadei (2015), as médias mensais diárias de H_G , e consequentemente PAR, para o mês de setembro encontram-se abaixo da curva esperada pelas variações astronômicas devido ao fato de a região apresentar intensa atividade de queimadas neste mês, e, portanto, maior concentração de aerossóis na atmosfera.

A radiação fotossinteticamente ativa representa de 32,1 a 41,7% da radiação que atinge a superfície terrestre, sendo que as maiores porcentagens são observadas durante o período chuvoso (Figura 5).

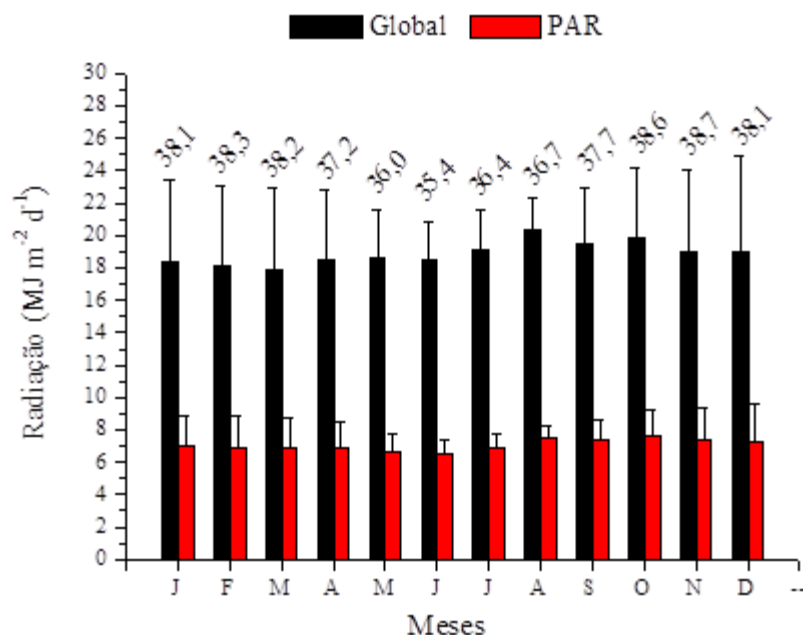


Figura 4: Valores médios mensais diários de H_G e PAR ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e porcentagem média mensal da razão PAR/ H_G , na região de Sinop-MT, entre 12/08/2013 a 30/06/2017.

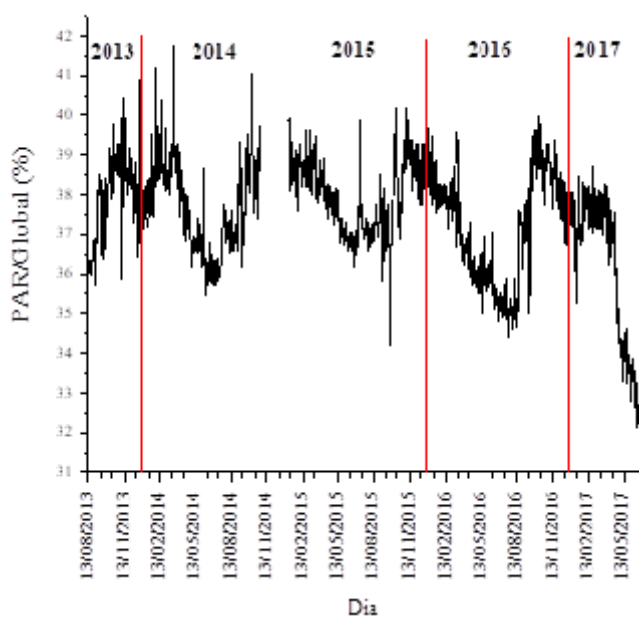


Figura 5: Fração diária da radiação PAR/Global (%) na região de Sinop-MT, entre 12/08/2013 a 31/12/2016.

Observa-se dependência da fração PAR/Global em função da sazonalidade ao longo do ano. Demais autores também chegaram a tal constatação, e atribuem este fato principalmente às alterações dos processos de absorção e de espalhamento da radiação solar global pelo vapor d'água nas distintas faixas do espectro. Além deste, o efeito dos aerossóis também apresenta grande influência, enquanto que a quantidade de ozônio e o albedo desempenham um papel menor na interação (RAO, 1984; JACOVIDES et al., 2003; STEIDLE NETO et al., 2006).

Percebe-se que a PAR representou em média 37% do total da irradiância global incidente em superfície. No Estado de São Paulo, em estudos realizados por Galvani (2009), e Gomes e Escobedo (2003), foram encontradas médias de 44,6 e 48% para São Paulo e Botucatu, respectivamente.

Com a classificação dos dias de acordo com a cobertura do céu pôde-se observar que as médias de H_G e PAR que atingem a superfície terrestre e a relação PAR/ H_G aumentam conforme a elevação de K_T , com menores desvios para céu parcialmente aberto ($0,55 \leq K_T < 0,65$). Os valores encontrados em cada classe são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2: Médias diárias e os respectivos desvios observados para H_G e PAR no período de estudo, na região de Sinop-MT.

Classe	H_G ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)	PAR ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)	PAR/ H_G (%)
1	9,62 ± 2,52	3,69 ± 0,96	38,3
2	17,19 ± 2,26	6,51 ± 0,92	37,8
3	20,86 ± 1,97	7,80 ± 0,92	37,3
4	22,59 ± 2,26	8,25 ± 1,17	36,4

Na correlação H_G x PAR os pontos dos gráficos foram ajustados a curvas lineares; tal ajuste foi escolhido por ter maior representatividade na literatura (ASSIS & MENDEZ, 1989; TEIXEIRA et al., 1998; STEIDLE NETO et al., 2008; MANICOBA et al., 2014). Efetuou-se a partição dos dados nos agrupamentos anual e em função da cobertura do céu (K_T), sendo assim foram determinadas equações de estimativa para dias de céu aberto, parcialmente aberto, parcialmente nublado e nublado, obtendo-se os coeficientes apresentados na Figura 6.

Os modelos apresentaram ótimos ajustes, com R^2 acima de 0,9 ($p < 0,0001$). As equações foram validadas utilizando-se a base de dados referente ao ano de 2016, nos agrupamentos anual e diferentes índices de cobertura de céu (K_T). Nas Tabelas 3 e 4 são descritos os valores médios diários observados e estimados da PAR para cada período, e os valores dos indicativos estatísticos das equações geradas a partir da correlação H_G x PAR nos diferentes agrupamentos, respectivamente.

Os modelos propostos apresentaram bom desempenho nos indicativos estatísticos. Através da análise do MBE, que representa o desvio das médias, pode-se afirmar que as correlações tenderam a superestimar os valores da PAR. Os menores desvios foram observados para as coberturas de céu nublado e parcialmente nublado.

Foram constatados pequenos valores de espalhamento (RMSE) e valores elevados e próximos a 1 para “d”, os quais reforçam o ótimo desempenho dos modelos.

De maneira geral, as equações geradas para as diferentes coberturas de céu apresentaram melhor estimativa da PAR em relação à equação anual, quando aplicadas nas respectivas classes de K_T .

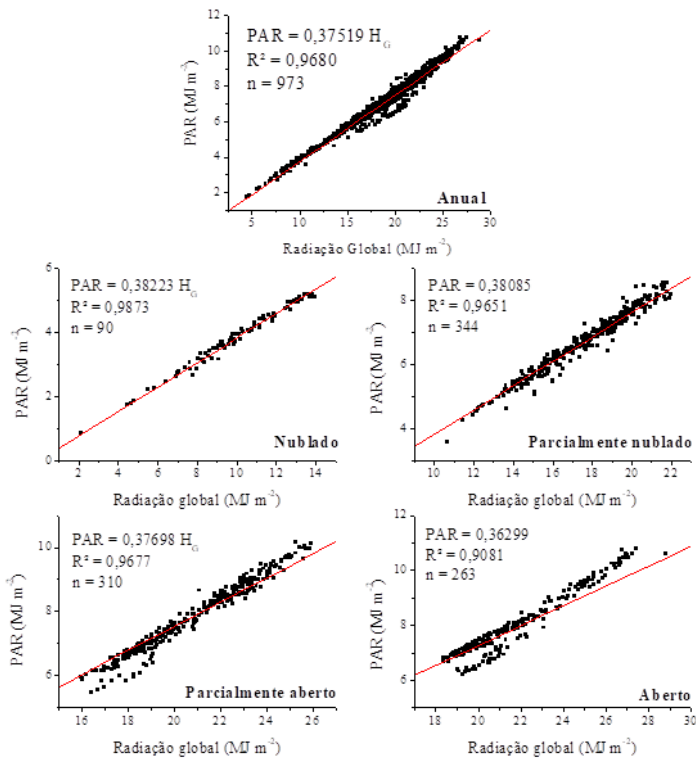


Figura 6: Equações de estimativa da radiação fotossinteticamente ativa na equipartição diária para a região de Sinop-MT, geradas através da correlação PAR x H_G .

Tabela 3: Valores observados e estimados da PAR para a região de Sinop-MT, a partir de equações geradas através da correlação H_G x PAR, para o período de 01/01/2016 a 31/12/2016.

Intervalo	Média observada	Média estimada	
		Eq. Anual	Eqs. Classes de KT
$0 \leq KT < 0,35$	3,82	3,76	3,83
$0,35 \leq KT < 0,55$	6,61	6,56	6,66
$0,55 \leq KT < 0,65$	8,02	8,04	8,08
$KT \geq 0,65$	7,74	8,11	7,93
Anual	7,02	7,11	-

Tabela 4: Indicativos estatísticos obtidos para as equações geradas a partir da correlação H_G x PAR, na região de Sinop-MT

Intervalo	Classes			Anual		
	MBE	RMSE	d	MBE	RMSE	d
	(MJ m ⁻²)	(MJ m ⁻²)		(MJ m ⁻²)	(MJ m ⁻²)	
$0 \leq KT < 0,35$	0,0137	0,0017	0,9981	-0,0565	0,0121	0,9975
$0,35 \leq KT < 0,55$	0,0498	0,0013	0,9940	-0,0482	0,0062	0,9935

0,55 ≤ KT < 0,65	0,0597	0,0205	0,9831	0,0211	0,0244	0,9834
KT ≥ 0,65	0,1846	0,0267	0,9644	0,3683	0,0047	0,9271
Anual				0,0879	0,0040	0,9996

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A razão PAR/H_G apresenta variabilidade sazonal, com valores mais elevados durante o período chuvoso devido à interação do vapor d'água com as diferentes faixas do espectro solar.

A radiação fotossinteticamente ativa apresentou ótima correlação com a radiação global, permitindo a obtenção de valores estimados através de modelos lineares e simplificados. Tais modelos podem ser aplicados em localidades com características climáticas semelhantes, em que não há disponibilidade de dados.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido com bolsas de estudos aos alunos de pós-graduação. A Embrapa Agrossilvipastoril pela disponibilidade dos dados utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- AL-SHOOSHAN, A. A. Estimation of Photosynthetically Active Radiation under an Arid Climate. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 66, p. 9–13, 1997.
- ALADOS, I.; OLMO, F. J.; FOYO-MORENO, I.; ALADOS-ARBOLEDAS, L. Estimation of photosynthetically active radiation under cloudy conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 102, p. 39–50, 2000.
- ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 24(7), p. 797-800, 1989.
- ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, London, v. 86, n. 3, p. 299-309, 2009.
- GALVANI, E. Avaliação da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) em São Paulo, SP. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 25, p. 155-164, 2009.
- GOMES, E. N.; ESCOBEDO, J. F. Estimativa horária da radiação fotossinteticamente ativa global, direta e difusa. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 13, 2003, Santa Maria, RS.
- HU, B., LIU, H.; WANG, Y. Investigation of the variability of photosynthetically active radiation in the Tibetan Plateau, China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 240–248, 2016.
- JACOVIDES, C. P.; TYMVIOS, F. S.; ASIMAKOPOULOS, D. N.; THEOFILOU, K. M.; PASHIARDES, S. Global photosynthetically active radiation and its relationship with global solar radiation in the Eastern Mediterranean basin. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 74, Issue 3–4, p. 227–233, 2003.

- KATHILANKAL, J. C.; O'HALLORAN, T. L.; SCHMIDT, A.; HANSON, C. V.; LAW, B. E. Development of a semi-parametric PAR (Photosynthetically Active Radiation) partitioning model for the United States, version 1.0. **Geoscientific Model Development**, Göttingen, v. 7, p. 2477–2484, 2014.
- MANICOBA, R. M.; NUNES, R. L. C.; LIMA, J. G. A.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; ESPINOLA SOBRINHO, J. RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA VERSUS RADIAÇÃO GLOBAL NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE MACAIBA, RN. In: **INOVAGRI International meeting**, 2014, Fortaleza-CE. Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada, 2014.
- NYAMSI, W. W.; ESPINAR, B.; BLANC, P.; WALD, L. Estimating the photosynthetically active radiation under clear skies by means of a new approach. **Advances in Science & Research**, Lublin, v. 12, p. 5–10, 2015.
- PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.
- RAO, C. R. N. Photosynthetically Active Components of Global Solar Radiation: Measurements and Model Computations. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, p. 353-364, 1984.
- STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Razão entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global no cultivo do tomateiro em casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 626–631, 2008.
- SUN, Z.; HONG, L.; JINGMIAO, L.; GUOPING, S. Estimation of photosynthetically active radiation using solar radiation in the UV–visible spectral band. **Solar Energy**, n. 153, p. 611–622, 2017.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, B. B. da; AZEVEDO, P. V. de. Estimativa do fluxo de radiação fotossinteticamente ativa, no município de Petrolina-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., CONGRESSO DA FLISMET, 8., Brasília. **Anais...** [S.l. : s.n.], 1998. p.19-21.
- TSUBO, M.; WALKER S. Relationships between photosynthetically active radiation and clearness index at Bloemfontein, South Africa. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 80, p. 17–25, 2005.
- ZAMADEI, T. **Radiação global e difusa diária na região de transição Cerrado-Amazônia do Mato Grosso**. 2015. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), UFMT, Sinop, 2015.
- WANG, L.; KISI, O.; ZOUNEMAT-KERMANI, M.; HU, B.; GONG, W. Modeling and comparison of hourly photosynthetically active radiation in different ecosystems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 436–453, 2016.
- WENJUN, T.; JUN, Q. KUN, Y.; XIAOLEI, N.; MIN, M.; SHUNLIN, L. An efficient algorithm for calculating photosynthetically active radiation with MODIS products. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 194, p. 146–154, 2017.
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Abingdon, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.
- WOODWARD, F. I. Instruments for the measurement of photosynthetically active radiation and red, far-red and blue light. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p.103-115, 1983.

SISTEMA DE PREVISÃO DE DOENÇAS E SEVERIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

Pedro Henrique Welter¹; Lana Bruna de Oliveira Engers²; Sidinei Zwick Randons³; Eduardo Steinmetz Pies¹; Aline Ulzefer Henck¹

Autor para correspondência: pedrowelter@hotmail.com

¹Discente de Graduação em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul;

²Discente de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ³Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a severidade da ferrugem asiática da soja de duas cultivares, uma delas considerada resistente ao patógeno, sob diferentes manejos de fungicidas baseados em um sistema de previsão de doenças. As cultivares SYN 1561 (convencional) e TMG 7363 RR (resistente) foram semeadas dia 22/11/2018 e realizadas as aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, conforme o sistema de previsão indicou, para os 6 tratamentos: Aplicação calendarizada a cada 14 dias a partir de R1, testemunha sem aplicação, 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada. Após observação da severidade da doença em folhas coletadas da parte superior e parte inferior das plantas, pode-se concluir que no tratamento testemunha da cultivar convencional de ambas partes da planta, a área abaixo da curva de progresso da doença foi maior, com valores de 365,88 na parte superior da planta e 778,32 na inferior, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: AACPD; *Phakopsora pachyrhizi*; *Glicine max*

DISEASE FORECASTING SYSTEM AND SOYBEAN RUST SEVERITY

ABSTRACT

This work aimed to verify the soybean rust severity of two cultivars, one of them considered resistant to the pathogen, under different fungicides managements based on a disease forecasting system. The cultivars SYN 1561 (conventional) and TMG 7363 RR (resistant) were sowed on 11/22/2018 and the fungicide applications were carried out for rust control, according to the forecasting system indication for the 6 treatments: Application programmed every 14 days from R1, control without application, 11, 9, 7 and 5 calculated severity values. After observing the disease severity in leaves collected from the upper and lower parts of the plants, it can be concluded that in the control treatment of the conventional cultivar of both plant parts, area under the disease progress curve was higher, with values of 365,88 in the superior part of the plant and 778,32 on the bottom, respectively.

KEY-WORDS: AUDPC; *Phakopsora pachyrhizi*; *Glicine max*

INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P.Syd) constatada pela primeira vez no Brasil no final da safra de 2000/2001, no estado do Paraná é uma das doenças mais severas que ocorre na cultura da soja. Progredindo anualmente sua ocorrência, e dessa forma disseminando-se para os demais estados

produtores do Brasil, sendo que na safra de 2003/2004 a doença se espalhou de forma generalizada em quase todo o país (NUNES, 2005), com danos variando de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde foi relatada (SINCLAIR & HARTMAN, 1999; YORINORI et al., 2005).

As condições meteorológicas possuem papel principal na ocorrência de epidemias da doença, sendo observada em regiões com temperaturas amenas e com presença de umidade. A presença de molhamento foliar contínuo, promovido pelo orvalho ou pela chuva, sob condições ótimas de temperatura (18° C a 26,5° C) favorece o rápido desenvolvimento da doença (MELCHING et al., 1989; ALVES et al., 2006), porém a precipitação é considerada o fator mais importante no progresso da doença nas condições de campo (TSCHANZ, 1984; DEL PONTE et al., 2006).

Por enquanto, a única forma de controle da doença, após sua instalação na lavoura, é por meio da aplicação de fungicidas, o que aumenta os custos da lavoura. Além disso, o seu uso contínuo, como única estratégia de manejo, pode causar a seleção de patógenos resistentes ou menos sensíveis aos fungicidas utilizados e, por conseguinte, a ineficiência do controle da doença, com a aplicação exacerbada de fungicidas e elevação dos custos de produção. Dessa forma, é necessária a combinação de outras práticas agrícolas para o controle mais efetivo das doenças, a fim de garantir a eficiência econômica e ambiental da agricultura.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar a severidade da ferrugem asiática de duas cultivares diferentes, uma delas considerada resistente ao patógeno, sob diferentes manejos de fungicidas baseados em um sistema de previsão de doenças.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento a campo foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo-RS (latitude: 27°08'S; longitude: 54°45'O; altitude: 258m), em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006), que foi previamente submetido à análise química de macro e micronutrientes. A adubação corretiva foi realizada em pré-semeadura conforme as recomendações técnicas da cultura da soja. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida (MORENO, 1961).

Foram utilizadas duas cultivares de soja semeadas dia 22/11/2018. Cultivar SYN 1561 considerada convencional e cultivar TMG 7363 RR considerada resistente, espaçadas em 45 cm entre linhas em parcelas de 25 m², sendo tratadas com fungicidas recomendados para a ferrugem asiática conforme o sistema de previsão indicou, para os 6 tratamentos: Aplicação calendarizada a cada 14 dias a partir de R1, testemunha sem aplicação, 11, 9, 7 e 5 valores de severidade calculada (VSC). A severidade da doença foi estimada semanalmente a partir dos primeiros sintomas com auxílio de escala diagramática (Godoy et al., 2006), sendo avaliadas folhas da parte inferior e superior de pontos aleatórios na parcela. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi determinada pelo cálculo da integral da curva de progresso da doença, segundo Campbell & Madden (1990), sendo assim os tratamentos foram comparados por meio de análise de variância e teste de médias, empregando o software SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tratamentos de 11VSC e 9VSC foram realizadas duas aplicações de fungicida, no tratamento 7VSC três aplicações e no 5VSC e Calendarizado, quatro aplicações, conforme o sistema de previsão.

De acordo com Bergamin Filho (2011), a curva de progresso da doença, expressa pela proporção de doença *versus* tempo, é a melhor representação de uma epidemia, e pode ser elaborada para qualquer patossistema. As observações de severidade iniciaram 77 dias após a emergência. De acordo com Alves, Furtado e Bergamin Filho (2006), a temperatura é a principal variável que interfere no período latente,

quando registros de temperaturas não ótimas nesse período podem acarretar em um atraso no desenvolvimento e no aparecimento dos sintomas da ferrugem.

Nas observações de severidade da porção superior das plantas (Figura 1) pode-se verificar que na cultivar Resistente, 13 dias após o início das avaliações em todos os tratamentos teve um aumento nos percentuais de severidade, sendo no tratamento 5VSC o maior valor comprado aos demais, porém diminuindo após os 25 dias de avaliação. Também é possível observar que no tratamento Testemunha, qual não recebeu nenhuma aplicação de fungicida, os valores se mantiveram semelhantes em todos os dias das avaliações, assim como os tratamentos Calendarizados, 9 VSC.

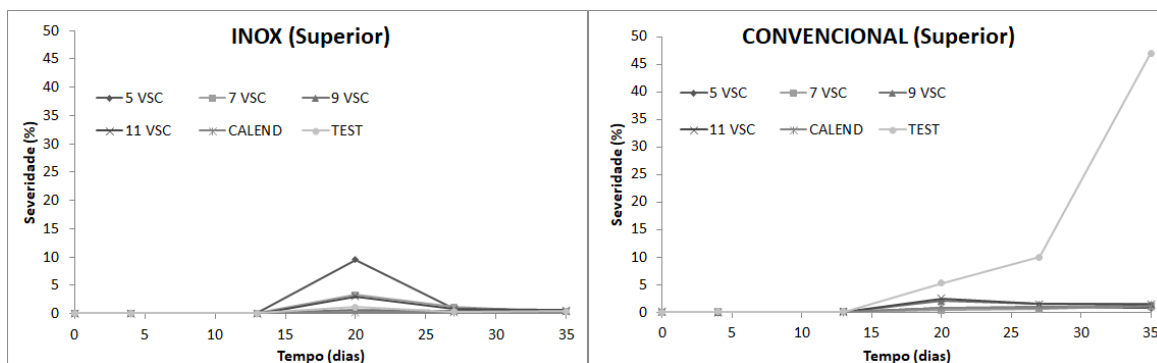


Figura 1: Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) das folhas coletadas na parte superior das plantas, da cultivar resistente e da convencional, com os 6 diferentes manejos de fungicidas.

Na cultivar Convencional, pode-se observar claramente a diferença do tratamento Testemunha dos demais. No qual, 13 dias após o início das avaliações teve um aumento gradual nos valores de observações, consequentemente pela falta de aplicações de fungicida. Observa-se também a semelhança entre os tratamentos 11VSC e 9VSC, e entre 5VSC e o Calendarizado, devido às aplicações de fungicidas serem respectivamente iguais neles, embora feitas em momentos diferentes do ciclo.

Em relação às observações na parte inferior das plantas (Figura 2), na cultivar resistente, houve um crescimento nos valores das observações no 13º dia após a avaliação semelhante ao que ocorreu na avaliação da parte superior, com exceção do tratamento Testemunha que teve o aumento a partir do 20º dia. Já na observação da cultivar Convencional, pode-se verificar novamente a diferença do tratamento Testemunha com os demais. Houve um crescimento gradual dos valores da severidade a partir do 13º dia de observação, assim como também no tratamento 5 VSC e 11VSC. Já nos tratamentos 7 VSC e 9 VSC as porcentagens de severidade aumentaram a partir do 20º dia de observação.

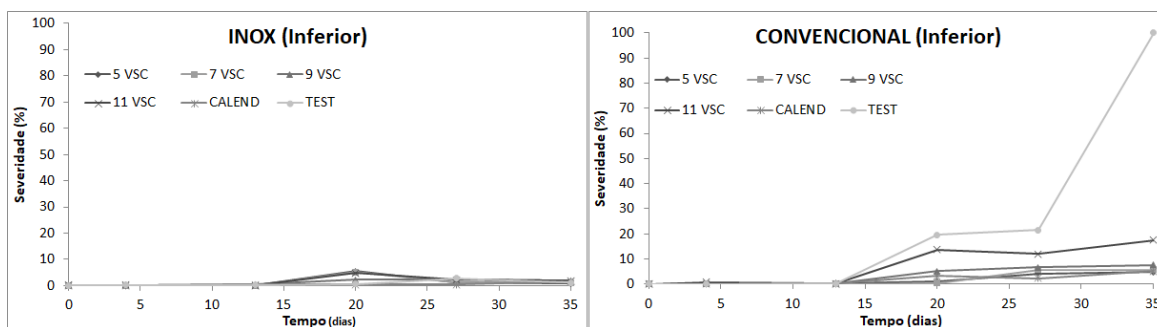


Figura 2: Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) das folhas coletadas na parte inferior das plantas, da cultivar resistente e da convencional, com os 6 diferentes manejos de fungicidas.

Em relação à análise de variância da AACPD da parte superior e inferior das plantas (Tabela 1), podemos observar que o tratamento Testemunha da cultivar Convencional da AACPD superior diferiu dos demais ao nível de significância 5 %, com valor de 365,88, superior as demais médias.

Tabela 1: Análise de variância da AACPD das folhas coletadas na parte superior e inferior das plantas.

Tratamentos	AACPD Superior	AACPD Inferior
TEST CONVENCIONAL	365,88 a*	778,32 a
9 VSC CONVENCIONAL	9,68 b	54,46 c
11VSC CONVENCIONAL	9,54 b	125,82 b
7 VSC CONVENCIONAL	8,12 b	39,14 cd
CALEND CONVENCIONAL	7,94 b	38,04 cd
5 VSC CONVENCIONAL	4,14 b	33,08 de
11 VSC RESISTENTE	3,56 b	11,28 f
TEST RESISTENTE	2,74 b	5,24 f
9 VSC RESISTENTE	2,62 b	11,14 f
5 VSC RESISTENTE	2,56 b	4 f
CALEND RESISTENTE	1,76 b	13,52 ef
7 VSC RESISTENTE	1,6 b	6,54 f

*Médias seguidas de mesma letra, em uma mesma coluna, não apresentam diferenças significantes, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na AACPD inferior, verificamos que a Testemunha Convencional diferiu significativamente dos demais tratamentos com o maior valor de 778,32. Isso também aconteceu com o tratamento 11 VSC Convencional (125,82). Já os tratamentos 9 VSC Convencional, 7 VSC Convencional e Calendarizado Convencional, não diferiram entre si. Assim como, 5 VSC Convencional, 7 VSC Convencional e Calendarizado Convencional não diferiram entre si. O tratamento 5 VSC Convencional não diferiu do Calendarizado Resistente. Já todos os tratamentos da cultivar Resistente não diferiram entre si.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O tratamento testemunha da cultivar Convencional de ambas partes de avaliação na planta tiveram maior AACPD, o que significa que a severidade da doença foi maior nesses tratamentos. Não houve diferenças de AACPD entre os tratamentos na cultivar Resistente.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN, A. **Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja**. In: ZAMBOLIM, L. Manejo integrado: ferrugem da soja e doenças quarentenárias dos citros. Viçosa: Suprema, 2006. p.37-59.

GODOY, C.V., KOGA, L.J. & CANTERI, M.G. **Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity**. Fitopatologia Brasileira, v.31, p. 63-68. 2006.

BERGAMIM FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: volume 1: princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2011. cap. 37.

- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532p.
- DEL PONTE EM, GODOY CV, LI X, YANG XB **Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models**. *Phytopathology*, v.96, p.797-803, 2006.
- EMBRAPA, Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.
- MELCHING JS, DOWLER WM, KOOGLER DL, ROYER MH (1989) **Effect of duration, frequency, and temperature of leaf wetness period on soybean rust**. *Plant Disease* 73:117-122
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- NUNES, JLS. **Ferrugem Asiática**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/ferrugem.aspx>> Acesso em: 29 de abril de 2016.
- SINCLAIR JB, HARTMAN GL (1999) Soybean rust. In: Hartman GL, Sinclair JB, Rupe JC (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul MN. APS Press. pp. 25-26.
- Tschanz AT (1984) **Soybean rust epidemiology: Final Report**. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.
- YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. L.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. **Epidemics of soybean rust (Phakopsora pachyrhizi) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003**. *Plant Disease*, Saint Paul, v.89, p.675-677, 2005.

PARÂMETROS MORFOFISIOLÓGICOS DE PIMENTÃO CULTIVADO EM DOIS MÉTODOS DE PROTEÇÃO SOLAR

Evandro Chaves de Oliveira¹; Igor Barros Ziviani¹; Valéria Pancieri Sallin¹; Robson Ferreira de Almeida¹;
Marcos Antônio Vanderlei Silva²
Autor para correspondência: echoliveira@yahoo.com.br

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina; ²Universidade Estadual da Bahia, Campus Barreiras

RESUMO

As tecnologias para a produção de hortaliças têm ganhado cada vez mais espaço, especialmente em regiões com temperaturas elevadas e alta incidência solar, destacando-se os cultivos protegidos e filmes de partículas. Objetivou-se com este trabalho, analisar o efeito do túnel baixo, utilizando malha de sombreamento e do Sombryt[®] no crescimento e produção da cultura do pimentão. Para tanto, instalou-se o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições de 3 tratamentos constituídos por plantas de pimentão conduzidas sob túnel baixo, filme de partículas (Sombryt[®]) e sem proteção solar (a pleno sol). No período foram monitoradas as condições ambientais de temperatura do ar e luminosidade. Foram também realizadas avaliações do índice de clorofila com SPAD, medições de altura, diâmetro de caule e número de frutos. A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que a tecnologia do filme de partículas é uma ferramenta que pode promover ganhos na atividade, dada a expressividade do número de frutos, contudo, são necessários estudos que esclareçam a relação planta-ambiente-proteção solar para potencializar os efeitos da tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Capsicum annum L.; Nanopartículas; Cultivo protegido

MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF SWEET PEPPER CULTIVATED IN TWO METHODS OF SOLAR PROTECTION

ABSTRACT

Technologies for the production of vegetables have gained more and more space, especially in regions with high temperatures and high solar incidence, standing out protected crops and particle films. The objective of this work was to analyze the effect of the low tunnel, using shading mesh and Sombryt[®] on the growth and production of the pepper crop. A randomized complete block design with 4 replications of 3 treatments were carried out with sweet pepper plants under low tunnel, particle film (Sombryt[®]) and without sun protection (full sun). In the period the ambient conditions of air temperature and luminosity were monitored. Evaluations of chlorophyll index with SPAD, height measurements, stem diameter and number of fruits were also performed. Analysis of variance and means were compared by the Skott-Knott test at 5% probability. The results showed that the technology of the particle film is a tool that can promote gains in the activity, given the expressiveness of the number of fruits, however, studies that clarify the relationship between plant-environment and sun protection to potentiate the effects of the technology are needed.

KEY-WORDS: Capsicum annum L.; Nanoparticles; Protected Crop

INTRODUÇÃO

O pimentão é uma das hortaliças fruto mais consumidas no Brasil, com uma produção próxima de 290 mil toneladas advindas de uma área de 13 mil hectares, destacando-se na produção os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro (MAROUELLI E SILVA, 2012). As temperaturas ideais para o cultivo variam de acordo com o estágio fenológico da planta, Henz et al., (2007) sugerem uma faixa ideal para o cultivo em torno de 21 e 30 °C mencionando que temperaturas acima de 35°C são prejudiciais ao pegamento e desenvolvimento do fruto.

E para minimizar efeitos indesejáveis na produção da cultura nos locais que as temperaturas são elevadas, a adoção do ambiente protegido vem a agregar valor ao produto final, possibilitando produtividade e qualidade duas a três vezes superiores às observadas em condições de pleno sol, aumentando os lucros, e possibilitando oferta do produto durante todo o ano (SILVA et. al , 2014). Benefícios similares são descritos por Sharma, Reddy e Datta (2015), que ao utilizarem filme de partículas na proteção de plantas identificaram redução de insetos-praga, doenças, lesões solares e congelamento, além de exibirem efeitos desejáveis em diferentes frutas.

Diante deste potencial, as tecnologias para a produção de pimentão ganham maior importância quando relacionadas ao cenário agrícola, já que as principais regiões produtoras estão sujeitas a condições adversas a exploração, demandando informações quanto aos efeitos de diferentes técnicas para proteção solar na planta do pimentão e na produção.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar o efeito do túnel baixo, utilizando malha de sombreamento e aplicações do Sombryt ® no desenvolvimento e produção da cultura do pimentão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em condições de campo no setor Horticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, situado no município de Colatina-ES, com coordenadas geográficas de 19° 32' 22" de latitude sul, 40° 37' 50" de longitude oeste e altitude de 71 metros. O clima, segundo a classificação climática de Köppen é do tipo Aw, definido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

A semeadura foi realizada em bandejas de células com volume de 90 cm³ contendo substrato apropriado para a cultura. As mudas foram produzidas em casa de vegetação, e encaminhadas para o transplântio aos 31 dias após a semeadura, quando apresentavam 6 pares de folhas e 15 cm de altura.

As plantas foram conduzidas no delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições de 3 tratamentos, constituídos por T1- Túnel baixo; T2- Sombryt ® e T3- Pleno sol. Cada parcela experimental foi constituída por 10 unidades, somando uma população de 120 plantas. Na área experimental, as plantas foram dispostas no espaçamento de 1 m entre fileiras e 0,40 m entre plantas, irrigadas no sistema de irrigação por micro spray acionados 2 vezes ao dia.

A temperatura e luminosidade nos diferentes tratamentos foram acompanhadas durante a execução do estudo através de leituras do aparelho Data Logger Hobo com faixa de medição -20° a 70°C e 0 a 320.000 lux, respectivamente, alocados à altura do dossel das plantas, com ajustes à medida conforme o crescimento das plantas. Foi realizada leituras do índice de clorofila com o aparelho SPAD em folhas completamente expandidas situadas na região intermediária, evitando contato com parte que apresentavam sintomas de doenças ou ocorrência de pragas.

Foram realizadas medidas da altura da planta, com auxílio de uma trena, mensurando a distância do coleto a área do meristema apical (expressa em centímetros), o diâmetro de caule foi realizado com auxílio de uma paquímetro digital, mensurando a região do caule a 5 cm acima da superfície do solo, e o número de frutos foi determinado através da contagem de frutos em cada planta, sendo a produtividade expressa em frutos/hectare.

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos submetidos ao teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro, sendo realizados com o programa de código aberto R (R Core Team, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento observa-se um leve aumento da temperatura do ar no interior dos túneis, em comparação com o ambiente externo aonde se conduziu plantas a pleno sol e com aplicações de Sombryt®, variando de 40,5 a 20,1 °C contra 37,5 a 19,9 °C respectivamente (Figura 1). Caliman et al.(2015) mencionam que apesar de interferir em processos fisiológicos com reflexos no crescimento e produção, o acréscimo da temperatura no ambiente protegido, dentro dos limites tolerados pela cultura, aumenta a influxo de carbono e água, culminando em maior atividade metabólica.

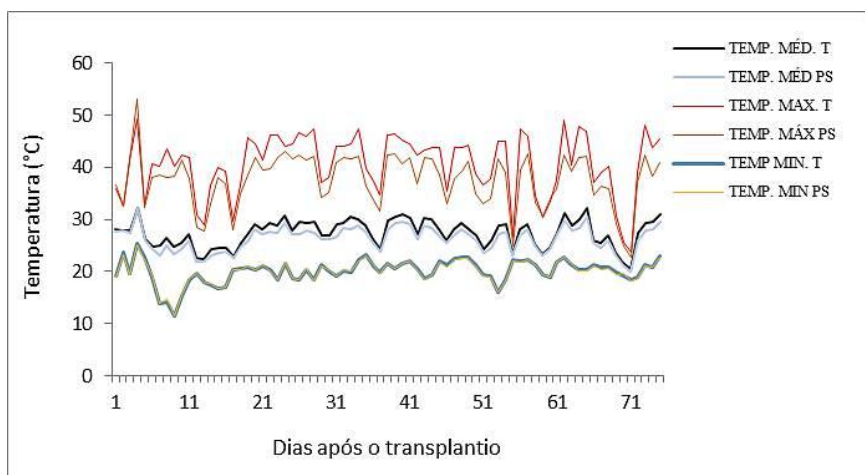


Figura 1: Variações de temperatura média diária do ar na área exposta ao sol (PS) e no interior dos túneis baixos (T).

Também foi notável diferenças na luminosidade das diferentes condições, sendo que para tratamento do ambiente protegido foi registrado uma intensidade luminosa 36,83% inferior durante o decorrer do experimento, em relação aos demais tratamentos, alcançando a média de 418632,4 lúmens/m³ no ambiente protegido e 662683,4 lúmens/m³ dos cultivos a pleno sol. A diferença entre ambos pode ser visualizada na figura 2.

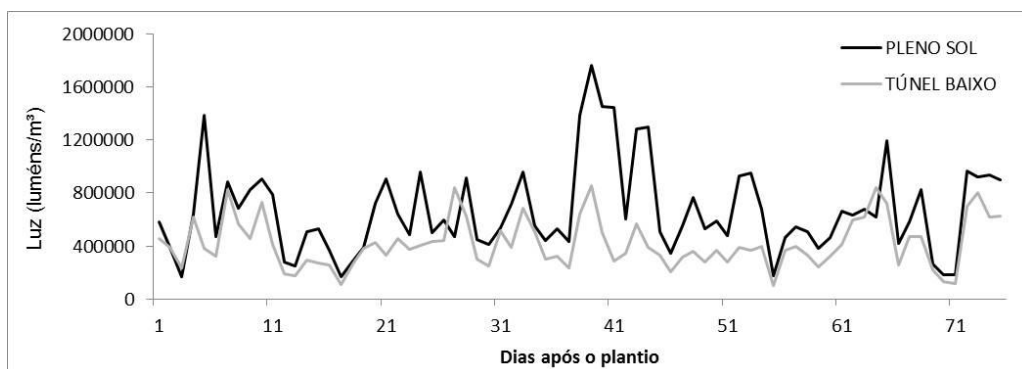


Figura 2: Variações de luminosidade registrada na área exposta ao sol e no interior dos túneis baixos de cultivo.

Os diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa antes dos 41 dias para as variáveis altura e diâmetro de caule, contudo, a partir deste período, aumentaram-se os dias com nebulosidades e ocorrência de chuva. Este fato influenciou na menor atuação do Sombryt® como protetor solar e potencializou as condições do túnel baixo, de modo que estas apresentaram resultados superiores (Tabela1). Por outro lado, no mesmo período de avaliação, foram identificados maiores índices SPAD para as plantas com proteção do Sombryt®, o que do ponto de vista fisiológico é interessante, pois de acordo com Nogueira et al. (2018) o

equipamento é empregado como uma forma não destrutiva e auxiliar na determinação da exigência de nitrogênio, levando a crer que proporcional ao índice é o teor de nitrogênio do vegetal, ou seja, mais disponibilidade desse macronutriente.

O número de frutos, apesar das médias não apresentarem diferenças significativas aos testes, mostraram uma tendência do Sombryt® em alcançar maiores produções, o que poderia ser resultado da combinação de luminosidade, menor variação de temperatura e acúmulo de nitrogênio registrado para a condição. Resultados similares de produção foram encontrados por Palangana et al., (2012) que trabalhando com esta cultura em ambiente protegido, fazem sugestão de critérios na escolha do enxerto e porta-enxerto, já que estes possuem caracteres decisivos não apenas no rendimento da colheita, como também no desenvolvimento na circunstância microclimática.

Tabela 1: Variáveis morfológicas, índice SPAD e número de frutos do cultivo de pimentão conduzido em diferentes condições de proteção solar.

TRATAMENTO	ALTURA	DIÂMETRO	SPAD	Nº DE FRUTOS
TÚNEL	58,70 a	10,22 ^{ns}	54,73 b	22,50 ^{ns}
SOMBRYT	46,85 b	10,35 ^{ns}	62,04 a	26,50 ^{ns}
PLENO SOL	46,25 b	10,82 ^{ns}	55,58 b	20,00 ^{ns}
CV %	11,12	5,0	3,68	14,67

*Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Skott-Knott ao nível de 5%; ns Não houve diferenças significativas dentro do fator analisado pelo teste F ($p > 0,05$); CV: coeficiente de variação.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Para as condições climáticas de Colatina, o uso do túnel baixo promoveu maior crescimento em altura. No entanto, o Sombryt® apresentou significância no índice SPAD e maior número de frutos, surgindo como uma nova tecnologia de proteção química de plantas para evitar danos causados pelo calor. Contudo, estudos devem ser realizados no intuito de adequar dosagens e intervalos de aplicações para a cultura.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio da empresa Lithoplant na concessão do produto Sombryt® e assistência na condução do trabalho, e também ao IFES por oportunizar a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CALIMAN, F.R.B. et al. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, 2005.

HENZ, Gilmar P. et al. Como cultivar pimentão. 2007. Disponível em <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/Piment%C3%A3o%20como%20cultivar.pdf>> Acesso em 02 de junho de 2019.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, LCW. Irrigação na cultura do pimentão. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2012.

NOGUEIRA, B. B. et al. Índice Spad em plantas de tomateiro cultivado em fibra de coco e submetido a pulsos de fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2018.

PALANGANA FC; SILVA ES; GOTO R; ONO EO. 2012. Ação conjunta de citocinina, giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, 30: 751-755. 2012

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: < <https://www.R-project.org/> > 2016.

SHARMA, R. R.; REDDY, S. Vijay Rakesh; DATTA, S. C. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science**, n. 54-58, 2015.

SILVA, Francisca Zildélia. **Produção e qualidade de frutos de minitomate sob ambientes protegidos no vale do submédio São Francisco**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em horticultura irrigada). 62 p. Universidade do Estado da Bahia. Juazeiro, 2014.

ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTURA (Kc) PARA UM SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS DE TRIGO E SOJA.

Débora da Silva¹; Gustavo Pujol Veeck¹; Debora Regina Roberti¹; Genei Antonio Dalmago²
Autor para correspondência: debiisilva140898@gmail.com

¹Univeridade Federal de Santa Maria; ²Embrapa-Trigo

RESUMO

O coeficiente de cultura (Kc) é a razão entre a evapotranspiração real (ET) de uma cultura e a evapotranspiração de referência (Eto), definida pelas características que distinguem a evapotranspiração da superfície cultivada da superfície de referência. Ele engloba os efeitos fenológicos e climáticos, variando com as técnicas de cultivo, manejo, estágio de desenvolvimento da cultura, condições de umidade do solo, e clima. Usando o Kc podemos estimar a ET, conhecendo assim as necessidades hídricas da cultura evitando desperdício de água e gerando redução nos custos de produção. O Kc é tabelado pela FAO para determinadas culturas. Em geral, para regiões dos EUA e Europa. Visando determiná-lo para região sul do Brasil, o objetivo desse trabalho foi calibrar o Kc para duas culturas, em um sistema comercial de rotação de culturas, trigo no inverno e soja no verão, localizado no município de Carazinho no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de cultura; Evapotranspiração; Cultivo

CULTURE COEFFICIENT (Kc) ESTIMATE FOR A ROTATION SYSTEM FOR WHEAT AND SOYBEAN CROPS

ABSTRACT

The crop coefficient (Kc) is the ratio between the real evapotranspiration (ET) of a crop and a reference evapotranspiration (Eto), defined by the characteristics that distinguish evapotranspiration from the cultivated surface of the reference surface. It encompasses phenological and climatic effects, varying with cropping techniques, management, stage of crop development, soil moisture conditions, and climate. Using the Kc we can estimate an ET, thus knowing the water needs of the crop avoiding the consumption of water and generating a reduction in the costs of production. The Kc is set by the FAO for certain crops. In general, for US and European regions. Aiming to determine for the southern region of Brazil to calibrate the Kc for two crops, in a commercial crop rotation system, wheat in the winter and soybean in the summer, located in the municipality of Carazinho in the state of Rio Grande do Sul, Brazil.

KEY-WORDS: Crop coefficient; Evapotranspiration; Cultivation

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica mundial tem sido motivo de preocupação e discussão nos diferentes níveis da sociedade. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a demanda mundial de água vai aumentar em 50 % até 2030. O uso no meio rural representa 80,7% do consumo total de água no Brasil, dos quais 67,2% são destinados à irrigação, 11,1% ao consumo animal e 2,4% ao consumo humano. Estima-se que 40% desta

água não é aproveitada pelas plantas por conta de sistemas inadequados de irrigação ou vazamentos nas tubulações, com grande desperdício de energia e trabalho (EMBRAPA, 2019).

Os cultivos agrícolas de trigo e soja, tem uma importância histórica no estado do Rio Grande do Sul (RS), pois tradicionalmente foram utilizados em rotação, soja no verão e trigo no inverno, desde os anos 60. De acordo com a Companhia Nacional de abastecimento (Conab), o Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja em grão do Brasil, superado apenas pelos estados de Mato Grosso e Paraná. Também é o segundo maior produtor nacional de trigo, superado apenas pelo Paraná. Tendo por base a relação quantidades produzidas - área plantada, na última década, pode-se afirmar que houve importante ganho de produtividade no RS através do emprego de novas tecnologias de plantio e de manejo do solo, como por exemplo, o melhoramento genético e a transgenia, os métodos de plantio direto e de agricultura de precisão. A produção agrícola é dependente de muitos fatores, entre eles a água, nutrientes e a radiação fotossinteticamente ativa. A água é um dos principais fatores limitantes da produtividade. Conhecer a necessidade hídrica da cultura em cada estágio fenológico de cultura é importante para evitar desperdício no uso da água, e aumentar a produtividade, reduzindo custos da produção.

Atualmente o método 'Eddy covariance' é uma das metodologias aceita como estimativa da evapotranspiração real (ET). Para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o), o método padrão usado pela FAO é o de Penman-Monteith, pois é baseado em processos físicos e incorpora parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos. O efeito das características de cada cultura nas suas necessidades hídricas, é dado pelo coeficiente de cultura (K_c) que apresenta a relação entre a evapotranspiração de referência e a evapotranspiração real ($ET = K_c \cdot ET_o$). Os valores de K_c fornecidos variam de acordo com a cultura, o estágio de crescimento, a estação de crescimento e as condições climáticas predominantes.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi calibrar o coeficiente de cultura para dois plantios, em um sistema comercial de rotação de culturas, trigo no inverno e soja no verão, localizado no município de Carazinho no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram realizados na safra 2015/2016, em lavoura comercial de trigo no inverno e soja no verão, no município de Carazinho, RS. O monitoramento das variáveis micrometeorológicas foi feito no centro da área experimental, cuja borda mínima foi superior a 250 metros. Ele foi realizado durante quatro ciclos de medida: para o período da cultura do trigo, intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja (Pousio trigo-soja), período da cultura da soja, e intervalo entre a cultura da soja e o início do cultivo do trigo (Pousio soja-trigo) da safra subsequente. Na análise dos dados, o trigo foi subdividido em 3 períodos. O primeiro tem início em 01/07 (trigo já emergido) até 10/07. A partir daí teve início o segundo que acabou no final do florescimento em 19/09, o terceiro período começou ao final do florescimento e terminou na colheita em 23/10. A soja foi subdividida também em 3 períodos, o primeiro começou na emergência, no dia 14/11 e foi até o início de dezembro, dia 03/12. O segundo teve início e ocorreu até o final do enchimento de grãos em 03/03. O terceiro período iniciou ao final do enchimento dos grãos e terminou na colheita em 24/03.

No início do cultivo do trigo em 2015 foi instalado um sistema de coleta de dados Eddy Covariance, modelo EC150-SH-EB, composto com sensor analisador de H₂O e CO₂ aberto, integrado ao anemômetro sônico CSAT3 e barômetro avançado, marca Campbell Scientific, controlado por um datalogger, modelo CR1000/Campbell.

Quando as plantas de trigo e soja atingiram os sensores instalados a 0,5 m, a torre micrometeorológica foi erguida e os sensores do primeiro nível foram posicionados a 0,5 m acima do dossel, onde permaneceram até o final dos períodos de medição. Para o trigo o reposicionamento foi feito em 15/09/2015 e para a soja em 05/01/2016. No período de pousio, a torre permaneceu na mesma posição da sua instalação. A 1,5 m de altura da superfície do solo, foi instalado o sensor de precipitação (P), modelo TB4-L/Campbell, que

também foi conectado a um datalogger (CR1000/Campbell), com leituras e armazenagens feitas a cada minuto. A coleta dos dados foi realizada a cada semana e os mesmos foram armazenados em arquivos e organizados conforme cada ciclo de avaliação.

As trocas de energia na forma de calor sensível e latente foram estimadas a partir dos dados de alta frequência (10 Hz) e os fluxos calculados usando média em bloco de 30 minutos, através do software EddyPro, que utiliza o método da covariância dos vórtices (Eddy Covariance). Para maiores informações sobre o processamento dos dados ver Veeck, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças entre ET e ETo nas duas safras ocorrem pois o ET acompanha as mudanças biológicas causadas pela cultura enquanto a ETo utiliza apenas variáveis meteorológicas para sua estimativa. Durante a safra do trigo houve pouca precipitação, assim a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência atingiram valores maiores que o total precipitado. Para a soja, a maior ET, 6,2 mm dia⁻¹ ocorreu no dia 24 de janeiro de 2016, enquanto que para o trigo o maior valor chegou a 5,44 mm dia⁻¹, no dia 09 de novembro de 2015. Durante a safra de soja houve maior disponibilidade de água, como pode ser observado na figura 1 o ET acumulado para as duas culturas da figura 1 foi de 840,34 mm, enquanto que o acumulado de ETo foi de 890 mm. A precipitação total para o período das duas culturas chegou a 885,7 mm.

Figura 1: Evapotranspiração real (ET) e Evapotranspiração de referência (ETo) para a cultura de soja e para o trigo nos dias após a semeadura (DAS).

O quadro 1 mostra os valores de Kc para as safras de soja e trigo durante os períodos inicial, intermediário e final da estação de crescimento, seguindo os estágios de crescimento da cultura, conforme recomendado pelo boletim número 56 da (FAO) na determinação do coeficiente da cultura (Kc), bem como na duração de cada fase fenológica para as culturas de soja e trigo (ALLEN et al., 1998). As estimativas obtidas para este estudo para cultura de soja mostram um padrão semelhante ao obtido por Suyker e Verma (2009), com magnitudes na ordem das sugeridas pela FAO (Allen et al., 1998). Os maiores valores encontrados neste estudo, quando comparados aos resultados de Suyker e Verma (2009), podem estar associados a diferenças nas regiões climáticas, além dos altos valores de precipitação que favorecem maior ET.

Quadro 1: Valores do coeficiente de cultura (Kc) em intervalos de confiança de 95% para períodos específicos de crescimento em ambas as safras. Os dados do Kc obtidos por Allen et al. (1998), Suyker e Verma (2009) para a soja de 2004, e Virnei et al. (2015) também estão incluídos.

Soja		Kc inicial	Kc médio	Kc final
Virnei (2015)		0,56±0,16	1,15	0,53±0,29
Suyker and Verma (2009)		0,34±0,32	0,95±0,41	0,26±0,19
Allen et al. (1998)		-	1,15	0,5
Modelo		0,77	1,2	0,63
Trigo		Kc inicial	Kc médio	Kc final
Allen et al. (1998)		0,7	1,15	0,25
Modelo		0,9	1,18	0,72

No cultivo de trigo a evapotranspiração real permaneceu maior que E_{To} durante quase todo o período, ocasionando uma diminuição nos valores do coeficiente de cultura no período entre a emergência e o espigamento, bem como no início do florescimento. Com o aumento da vegetação durante os estágios intermediários, ocorre a diminuição da exposição do solo à radiação solar direta, produzindo, um aumento nos valores de K_c . Durante as fases finais do ciclo, há uma diminuição sistemática em K_c .

Os valores de K_c para soja variaram de 0,22 para o estágio inicial a 1,5 para o intermediário, e final 0,39. O trigo apresentou valores de 0,12 na fase inicial, 1,92 nas fases intermediárias, e 0,5 no estágio final. A demanda atmosférica foi determinante para o valor de K_c observado em ambas as culturas, demonstrando a importância da calibração do K_c para condições climáticas específicas.

Figura 2: Evapotranspiração real modelada para a cultura de soja e trigo, utilizando os valores de K_c do quadro 1. Soja e Trigo, respectivamente.

Na figura 2 podemos observar que para a cultura de soja os 3 modelos subestimam a ET real.

A ET real foi subestimada em aproximadamente 18% pelo modelo de Suyker e Verma (2009), 6% pelo modelo de Virnei et al. (2015) e 5% pelo modelo aqui proposto, com coeficientes de correlação variando de 0,84 a 0,86 para os 3 modelos. Para a cultura de trigo, os modelos não apresentaram boa correlação, 0,41 por Allen et al. (1998) e 0,57 pelo modelo aqui proposto e subestimaram a ET real em mais de 40%.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Concluimos que a ET modelada com os valores de K_c calibrados apresentam uma melhora nos dados observados na região para ambas as culturas, estes valores ainda devem ser testados em outras regiões para que possam ser usados na estimativa da evapotranspiração real dessas culturas sendo prontamente obtidos quando houver necessidade.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A equipe agradece a UFSM, CNPq, CAPES, FAPERGS e Embrapa-Trigo por todo o apoio recebido. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Capão Alto pela parceria no trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, [2018]. **Agropensa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MOREIRA, Virnei Silva et al. Seasonality of soil water exchange in the soybean growing season in southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 2, p. 103-113, 2015.

VEECK, Gustavo Pujol. "Trocas de energia e massa no cultivo de soja e trigo no sul do Brasil." (2018).

CONDIÇÕES HÍDRICAS DE LAVOURA DE SOJA USANDO SENSORIAMENTO REMOTO TERRESTRE

Lucimara Wolfarth Schirmbeck¹; Denise Cybis Fontana¹; Genei Antonio Dalmago²; Juliano Schirmbeck; Paulo Roberto Vargas^{3,4}

Autor para correspondência: lucimaraws@gmail.com

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ²Embrapa Trigo; ³Universidade do Vale do Taquari; ⁴Fazenda Capão Grande

RESUMO

A busca constante pelo aumento dos rendimentos de grãos impulsiona novas tecnologia que sejam viáveis para o monitoramento das condições hídricas das culturas. Neste contexto o sensoriamento remoto vem ganhando espaço, através do uso de índices capazes de caracterizar, com alto detalhamento espacial/temporal, que possibilitam o monitoramento agrícola. O objetivo do trabalho foi verificar o desempenho do índice TVDI (*Temperature-Vegetation Dryness Index*), obtido a partir de sensores espectrais de superfície, e compará-lo a dados de déficit hídrico determinado pelo balanço hídrico meteorológico, em parcela de soja no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. O princípio de funcionamento do TVDI está ancorado na inclinação da reta de regressão linear entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície, que representam o grau de deficiência da umidade. Para o estudo foram utilizados sensores de superfície de índice de vegetação, no caso o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e de temperatura radiométrica da superfície, conectados a dataloggers, registrando medidas a cada 15 minutos. O TVDI foi comparado frente a dados de déficit e excesso hídrico obtidos por balanço hídrico meteorológico. No período de maior déficit o TVDI apresentou os maiores valores, indicando a restrição hídrica, coerente com o armazenamento de água no solo. As temperaturas de superfície também foram altas neste período. O TVDI estimado a partir de sensores de superfície mostrou sensibilidade em representar a disponibilidade hídrica e permitiu acompanhar o desenvolvimento da cultura durante a safra.

PALAVRAS-CHAVE: TVDI; NDVI; Temperatura de superfície

WATER CONDITIONS OF SOYBEAN CROP USING GROUND REMOTE SENSING

ABSTRACT

The constant search for increased incomes drives new techniques that are feasible in monitoring the water needs of crops. In this context, remote sensing has been gaining space, through the use of indexes capable of characterizing with high spatial / temporal detail, which allow the agricultural monitoring. The aim of this work was to verify the performance of the TVDI index, obtained using surface spectral sensors, against water deficit data, determined by the meteorological water balance, in a soybean plot in the northwest of the State of Rio Grande do Sul. of the surface, with the use of the TVDI (*Temperature-Vegetation Dryness Index*) becomes attractive since this index allows to estimate the humidity of the surface with use of the surface temperature and a vegetation index. The working principle of TVDI is anchored in the slope of the linear regression line between vegetation index and surface temperature, which represent the degree of moisture deficiency. For the study were used vegetation index surface sensors, in the case of NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) and radiometric temperature. TVDI was compared to data on water deficit and excess obtained by meteorological water balance. In the period of greatest deficit the TVDI presented the highest values, indicating the water restriction, consistent with the storage of water in the soil.

Temperatures were also high in this period. The TVDI estimated from surface sensors showed sensitivity in representing the water availability and allowed to follow the development of the crop.

KEY-WORDS: TVDI; NDVI; Surface temperature

INTRODUÇÃO

No estado do Rio Grande do Sul (RS) a agricultura está presente em todas as regiões, destacando o estado no cenário brasileiro como um grande produtor de grãos. Conforme levantamento da CONAB (2018), a soja é uma das culturas que ocupa maior área e produção, sendo que o RS produziu mais de 16,968 milhões de toneladas no ano de 2018. O RS é o terceiro maior produtor brasileiro de soja, com área plantada de 5,692 milhões de hectares. Já no cenário estadual a soja está se expandindo em áreas antes ocupadas pelo milho e em conjunto com o arroz, o milho e o trigo constituem as principais culturas agrícolas (Feix et al., 2017).

Para as culturas de primavera verão, a água se constitui como o principal fator limitante para a produção de grãos no RS (Matzenauer et al., 2002, Sentelhas et al., 2015, Zanon et al., 2016). Devido a importância econômica da produção agrícola, aliada a busca constante pelo aumento da eficiência da produção, impulsionam e justificam a busca por novas tecnologias. Estas devem ser capazes de viabilizar o monitoramento das condições hídricas das principais culturas no RS, em uma larga escala geográfica e com alto detalhamento, tanto espacial como temporal. O uso do sensoriamento remoto já é realidade neste contexto e vem ganhando cada vez mais espaço, especialmente através de índices derivados das imagens orbitais (Huete et al., 2002, Ponzoni e Shimabukuro, 2009, Sandholt et al., 2002). Estes índices devem ser, portanto, capazes de caracterizar as variações ocorridas entre lavouras dentro das regiões produtoras e também de forma contínua ao longo do crescimento e desenvolvimento das plantas. Isto é possível a partir da detecção da energia proveniente da superfície pelos sensores remotos, em distintas faixas do espectro eletromagnético, e do conhecimento de como as plantas interagem com a radiação solar.

Dentre diversos índices disponíveis, pode-se estimar as condições hídricas da superfície, com uso do TVDI (*Temperature-Vegetation Dryness Index*), proposto por Sandholt et al. 2002. Um dos fatores que tornam este índice atrativo é o fato de que está baseado apenas no uso de dados aportados por imagens, que são, um índice de vegetação e a temperatura de superfície (T_s).

O princípio de funcionamento do TVDI está ancorado na dispersão de formato, geralmente triangular, que ocorre entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície, também conhecido na literatura como triângulo evaporativo. A partir desta dispersão pode-se extrair os limites considerados seco e úmido, dentre os quais estima-se o índice TVDI. A inclinação da reta de regressão linear entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície representa o grau de deficiência da umidade, dada a relação negativa entre estes dois parâmetros, conforme diversos estudos realizados (Venturini et al., 2004, Wang et al., 2007, Holzman et al., 2014).

Apesar da difusão do seu uso, é ainda necessário testar e entender, de forma mais aprofundada, a aplicação do TVDI para condições de climas subtropicais úmidos, visto que grande parte dos trabalhos realizados são em condições de clima mais seco. Também, trabalhos realizados a campo permitem obter informações detalhadas da superfície, de forma controlada e com maior grau de precisão em diversos momentos do desenvolvimento dos cultivos. Aliado a isto, ao se utilizar sensores na superfície, que possuem tecnologia similar a utilizada nos sensores a bordo dos satélites, a tendência é minimizar os erros das estimativas, possibilitando uma compreensão mais verdadeira das incertezas inerentes ao índice proposto.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi verificar o desempenho do índice TVDI, obtido a partir de sensores espectrais de superfície, e compará-lo a dados de déficit hídrico determinado pelo balanço hídrico meteorológico, em parcela de soja no noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região noroeste do Estado do RS, no município de Carazinho (Figura 1), em região caracterizada pela intensa produção de grãos no RS. O clima, segundo Alvares et al. (2013), que tomou como base a classificação de Köppen, é subtropical úmido, com verões quentes e chuvas com distribuição regular ao longo do ano.

A lavoura avaliada ocupou uma área de 27,4 hectares na Granja Capão Grande, sendo o experimento desenvolvido em parceria com a equipe de pesquisa em agrometeorologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS e da Embrapa Trigo de Passo Fundo. A lavoura foi conduzida sem irrigação, sendo, portanto, a precipitação pluvial a única fonte de água para as plantas.

A lavoura foi semeada em 13/11/2017 e a emergência ocorreu em 21/11/2017, com a colheita realizada em 03/04/2018. Foi utilizada a cultivar DM 5958 RSF IPRO, semeada no espaçamento de 45 cm entre linhas e densidade de 24 plantas m^{-2} . A adubação de base seguiu a análise de solo e correspondeu a 300 $kg\ ha^{-1}$ de NPK, na fórmula 4-28-08 na semeadura e uma aplicação 160 $kg\ ha^{-1}$ de cloreto de potássio a lanço no dia anterior à semeadura. O controle de plantas daninhas, de pragas e de doenças foi realizado quando necessário, utilizando produtos indicados para a cultura (referência da reunião da soja) e foi baseado em monitoramento constante realizado no campo. Semanalmente, durante o ciclo da cultura foi registrado o estágio fenológico das plantas (Fehr & Caviness, 1977) e ao final do ciclo do determinado o rendimento de grãos, em quatro repetições de 9 m^2 .

Durante o período experimental, a precipitação pluvial ocorrida (Tabela 1) apresentou valores superiores à Normal Climatológica (1976-2005, Atlas Climático, 2011) em janeiro, fevereiro e março, meses considerados críticos quanto à condição hídrica para a cultura da soja cultivada na região. De novembro a maio a precipitação pluvial ocorrida foi de 770 mm, e no período de maior desenvolvimento vegetativo (em janeiro) ocorreu 239 mm (Tabela 1). O rendimento de grãos atingido foi de 4.629 $kg\ ha^{-1}$.

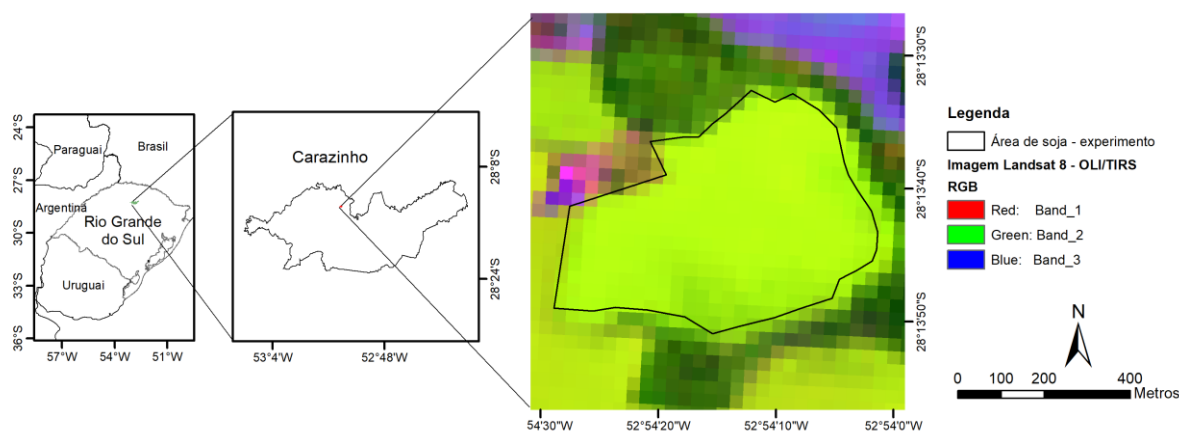


Figura 1

Figura 1: Localização da área de estudo no estado do Rio Grande do Sul, no município de Carazinho. Imagem Landsat-8 OLI de 7 fevereiro de 2018. Órbita/Ponto: 222/80. Composição RGB 6,5,4.

Tabela 1. Precipitação pluvial (mm) ocorrida na área de estudo e a Normal Climatológica, no período da safra em valores mensais.

Período	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
Safra 2017-2018	102	70,1	238,5	154,4	201,4	3,3
Normal Climatológica	155,2	166,2	158,7	146,5	135,3	133,5

Dentre os vários sensores instalados na lavoura, no presente estudo foram utilizados os sensores de índice de vegetação SRS - Decagon (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) e de temperatura radiométrica da superfície (T_s) SI 421- Apogee. Ambos sensores são de monitoramento contínuo com registros a cada 15 minutos (Figura 2), medindo a radiação eletromagnética incidente e refletida pela superfície nos espectros do vermelho e infravermelho próximo e também a radiação emitida pela superfície no espectro do infravermelho termal, respectivamente. Para registro dos dados foram utilizados os dataloggers Campbell modelo CR 1000. Estes sensores (NDVI e T_s) foram instalados em par, com ângulo de 90° apontando para a mesma área, a uma altura de 1 m acima do topo da cultura.

Com os dados de NDVI e T_s foi estimado o TVDI aplicando a equação proposta por Sandholt et al. (2002):

$$TVDI = (T_s - T_{Smin}) / (a + b * IV - T_{Smin}) \quad (1)$$

sendo: T_s a temperatura radiativa do pixel (K); T_{Smin} a temperatura mínima de superfície (K) correspondente ao limite úmido na dispersão do triângulo evaporativo; IV o índice de vegetação; “a” e “b” os coeficientes linear e angular da reta que representam o limite seco, obtidos a partir do gráfico de dispersão entre o IV e a T_s e foram utilizados para normalização do modelo.



Figura 2

Figura 2: Sensores utilizados nas medições durante o experimento para a cultura da soja na safra de 2017-2018 em Carazinho, RS. Da direita para esquerda: sensor de NDVI hemisférico, sensor de NDVI direcional SRS - Decagon e sensor de temperatura radiométrica (T_s) SI 421- Apogee.

O TVDI foi parametrizado a partir do estabelecimento de dois limites (Figura 3). Um deles, o limite úmido, é onde se concentram as temperaturas mínimas médias da superfície do período estudado para diferentes coberturas no solo (exposto, com cobertura parcial ou cobertura total). O outro, o limite seco, é dado pela regressão linear entre NDVI e T_s , apresentando os valores que concentram as maiores temperaturas da superfície nas distintas coberturas.

Este padrão de forma geralmente triangular de dispersão depende da biomassa existente e do teor de umidade do solo (Price, 1990; Sandholt et al., 2002; Garcia et al., 2014). No limite úmido se concentram as T_s mínimas, o TVDI é zero e não há déficit; já no limite seco o TVDI é igual a 1 e ocorre déficit de umidade na superfície.

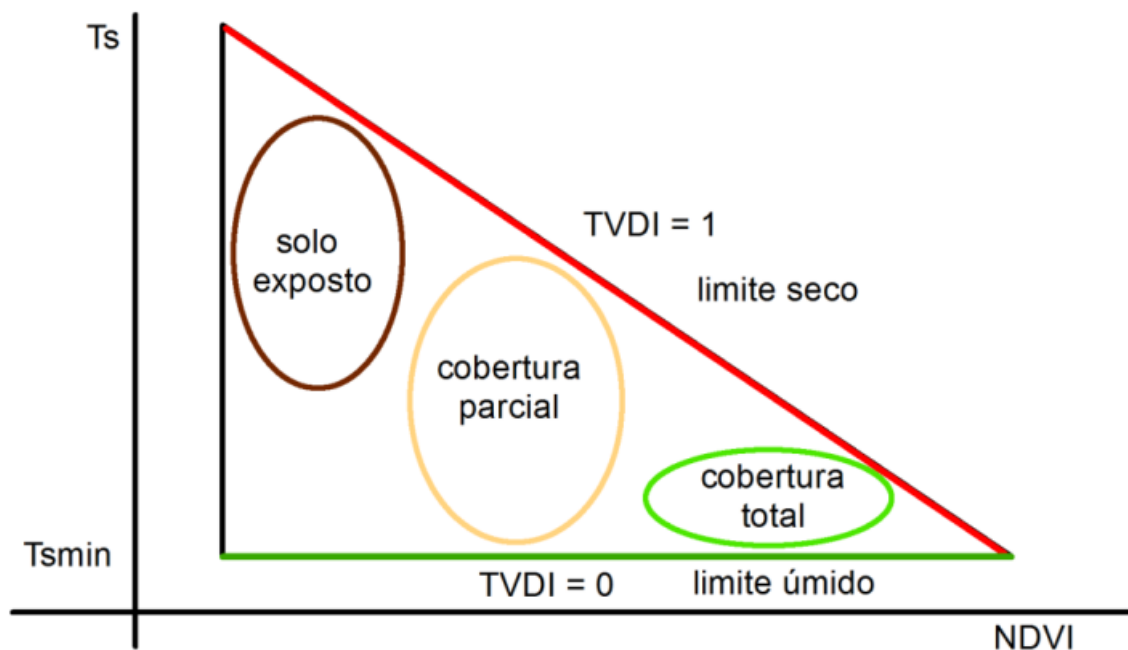


Figura 3

Figura 3: Dispersão entre o índice de vegetação (NDVI) e a temperatura de superfície, configurando o triângulo evaporativo. Reta em vermelho onde o TVDI é 1 e indica deficiência hídrica, reta em azul é onde se localiza a temperatura de superfície mínima média do período analisado, o TVDI é zero e não há deficiência hídrica. Dentro do triângulo onde se localizam os diferentes tipos de cobertura no solo.

No processo de estimativa das condições hídricas a partir do índice TVDI é necessário que na área em estudo ocorram condições hídricas extremas, em termos de umidade do solo, de forma a propiciar uma correta determinação dos limites secos e úmidos (Roerink et al., 2000; Kustas et al., 2004). No presente trabalho, em que o índice TVDI foi obtido a partir dos dados medidos com os sensores radiométricos em uma lavoura de soja, a parametrização do modelo foi feita utilizando imagens Landsat-8 que abrangem áreas com diversos tipos de uso e cobertura vizinhas à mesma. Foi utilizada a técnica de parametrização por múltiplas imagens, de acordo com Schirmbeck et al. (2018a).

Também foram utilizados os dados de radiação solar global, precipitação pluvial, vento, temperatura e umidade relativa do ar medidos sobre a lavoura. A partir destes dados foi estimada a evapotranspiração de referência pelo Método de Penman Monteith (FAO) (Allen et al., 2006) e após calculado o balanço hídrico meteorológico para obtenção dos dados de déficit e excesso hídrico. O balanço hídrico foi calculado usando a metodologia de Thornthwaite-Matter (1955), em escala diária (Pereira, 2005), considerando o K_c (entre 0,4 e 1,15) (Allen et al., 2006) e a CAD variável durante o ciclo em função do crescimento das plantas e as raízes ao longo do período (Dourado Neto et al., 1999). A soma térmica foi calculada conforme Rosa et al. (2009), com temperatura base de 10°C (Schneider et al., 1987).

Para a análise dos dados do TVDI foram escolhidos 25 dias ensolarados onde não há interferência de nuvens ou sombras na hora da passagem do satélite Landsat. Como critério de seleção se usou dados medidos de radiação solar global.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período da safra, verificou-se variações no armazenamento de água no solo (Figura 4) em função dos déficits e excessos hídricos ocorridos. No período inicial, em que a cultura se encontrava nos estádios

vegetativos (até início de janeiro), observou-se maior ocorrência de déficits diários com valores de até 4 mm, o que acarretou em diminuições no armazenamento de água no solo em praticamente todo este período. A ocorrência de déficit no período vegetativo não necessariamente implica em redução no rendimento de grãos de soja. Durante o crescimento das plantas, danos causados por qualquer fenômeno adverso, inclusive déficit hídrico, poderão ser revertidos parcial ou totalmente se as condições do ambiente forem favoráveis no restante do ciclo (Bergamaschi e Bergonci, 2017), que foi o que ocorreu na safra 2017-2018.

Posteriormente, a condição hídrica se alterou e os déficits diminuíram em valores e frequência e se observou diversos períodos de excesso hídrico de magnitudes superiores aos déficits, justamente no período reprodutivo, o de maior consumo de água das plantas (Matzenauer et al., 2002, Mundstock e Thomas, 2005) e que definem condições para obtenção de maiores rendimentos de grãos.

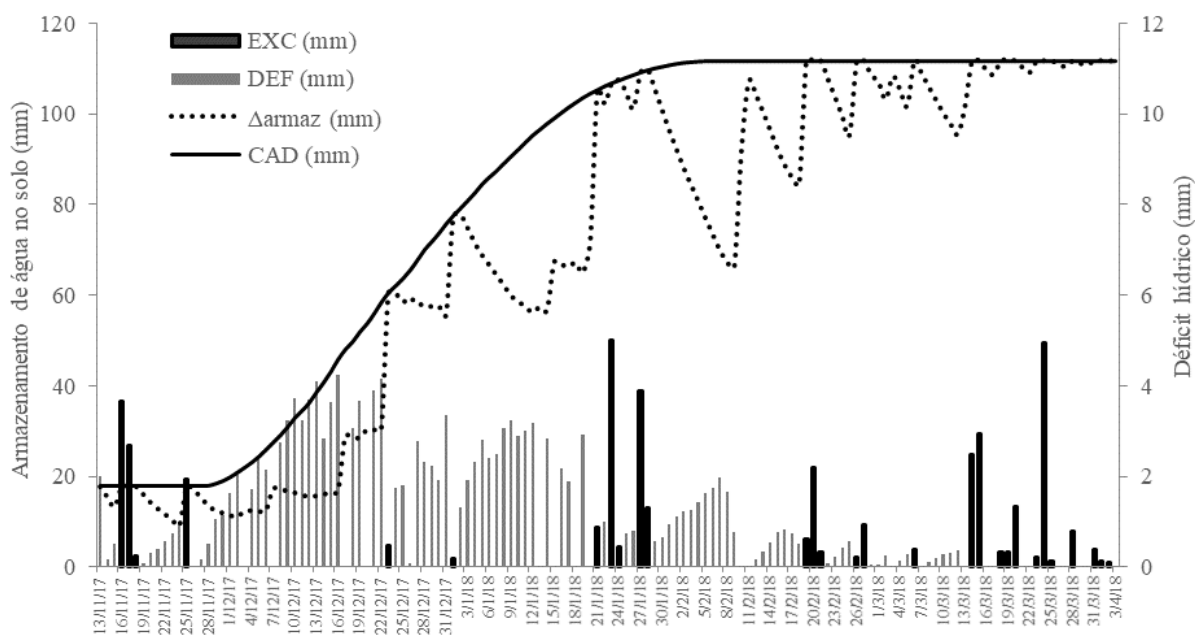


Figura 4

Figura 4: Componentes do balanço hídrico meteorológico durante o período experimental. EXC (excesso), DEF (déficit), CAD (Capacidade de água disponível no solo) e o Δ armaz (armazenamento de água no solo) para cultura da soja na safra de 2017-2018 em Carazinho, RS.

A variação do índice de vegetação NDVI (Figura 5), ao longo do período experimental, caracterizou o crescimento das plantas de soja, visto que este índice é um dos estimadores remotos de biomassa verde que mais frequentemente tem sido utilizado (Ponzoni e Shimabukuro, 2009).

Observa-se no perfil de NDVI o padrão típico de lavouras anuais, com baixos valores de NDVI no início na implantação da cultura, quando há presença de solo, crescimento do índice com o acúmulo de biomassa verde até atingir um valor máximo, próximo a 0,9, no florescimento, que em geral ocorre no mês de fevereiro (Fontana et al. 2015), quando a soja atinge o máximo índice de área foliar, e após se manteve constante.

Esta estabilidade nos valores do NDVI mesmo com os incrementos de biomassa, denomina-se de saturação do índice e ocorreu em valores de NDVI próximo a 0,9 quando a vegetação atingiu o pleno desenvolvimento vegetativo nos estádios de R1 a R5.

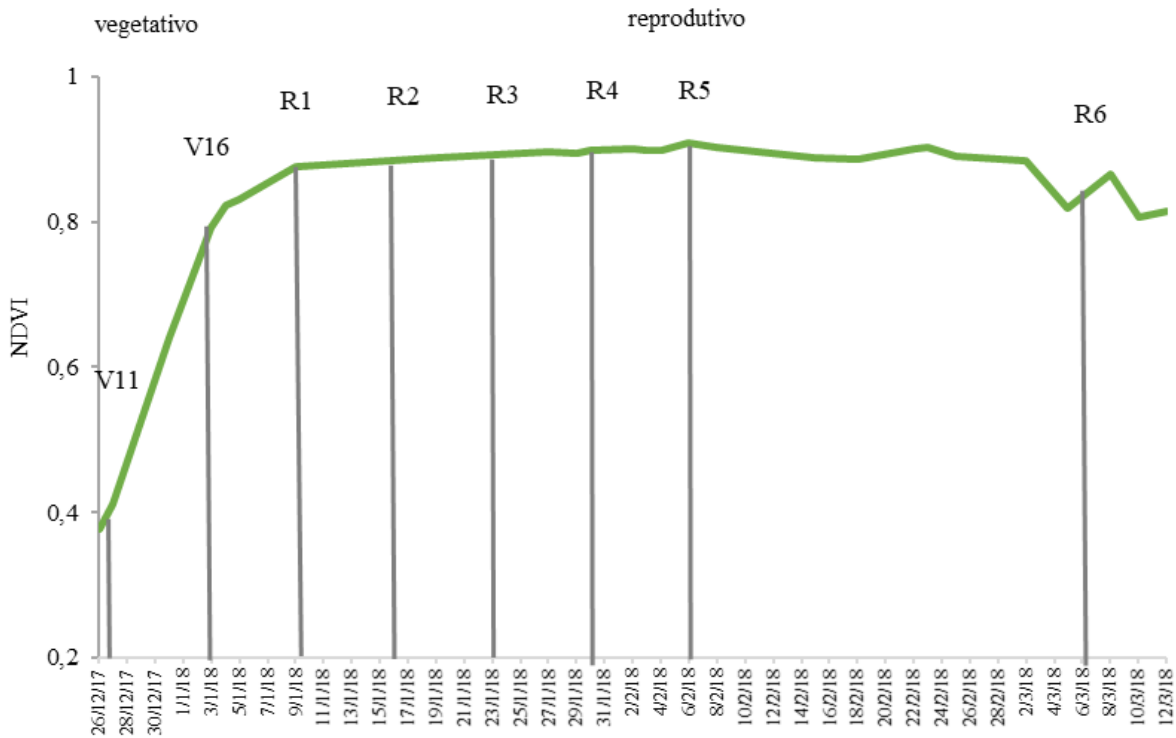


Figura 5

Figura 5: Perfil temporal de 26 de dezembro de 2017 a 12 de março de 2018 do índice de vegetação NDVI para cultura da soja na safra de 2017-2018 em Carazinho, RS.

A variabilidade dos dados da temperatura de superfície, que é apresentado na Figura 6, mostrou-se coerente com o esperado. No início da safra as maiores temperaturas na superfície do solo foram observadas, o que pode ser atribuído a duas causas principais. Primeiro, a maior disponibilidade de radiação solar global (próximo ao solstício de verão) e segundo a menor disponibilidade hídrica, o que faz com que uma maior porção do saldo de radiação seja utilizada para o aquecimento do ar e do solo (Schirmbeck et al. 2018b). A baixa cobertura do solo pela vegetação neste período inicial, propicia uma intensificação do aquecimento da superfície. Com o crescimento da vegetação nos períodos que seguem, esta passa a controlar, em parte, a temperatura da superfície através do processo de evapotranspiração, que se intensifica a partir do momento em que se verifica uma maior disponibilidade de água no solo (Goward et al., 2002, Liang et al., 2014), visto a associação que existe entre temperatura de superfície e a disponibilidade hídrica.

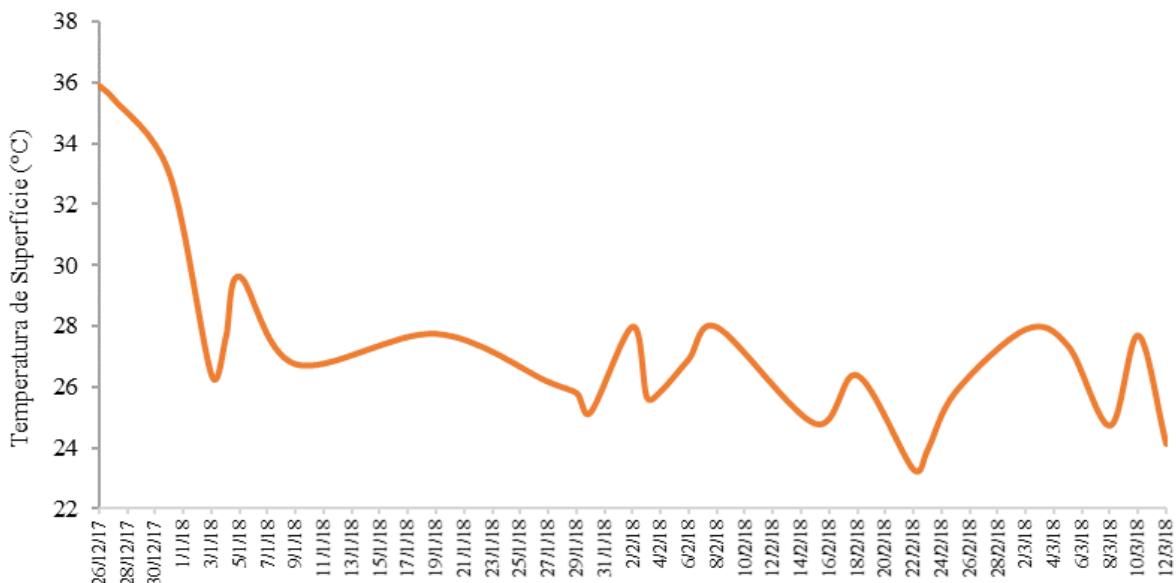


Figura 6

Figura 6: Perfil temporal de 26 de dezembro de 2017 a 12 de março de 2018 da temperatura de superfície para cultura da soja na safra de 2017-2018 em Carazinho, RS.

A relação entre o déficit hídrico ocorrido e o índice TVDI ao longo da safra, pode ser avaliada na Figura 7. Observa-se que no início da safra, em dezembro (até próximo dos 40 dias após a semeadura), foi quando ocorreram os maiores déficits. Neste período também o índice TVDI apresentou os valores mais altos, indicando a restrição hídrica. Mais próximo ao final do ciclo foi quando ocorreram os menores valores de déficit hídrico, coincidiu com a ocorrência dos mais baixos valores de TVDI. Os dados evidenciaram, portanto, uma relação que tende a ser diretamente proporcional, em que aumentos e diminuições no déficit hídrico, resultaram em aumentos e diminuições proporcionais no TVDI. Esta foi, entretanto, apenas uma tendência geral, visto que neste período final também foram observados valores altos de TVDI, principalmente nos dias após a semeadura, 109, 112, e 117 se observou menor nebulosidade e maior temperatura de superfície, em relação aos demais dias do período, além de que a vegetação estava entrando em maturação fisiológica.

Holzman et al. (2014) constataram que em áreas com clima úmido, a variabilidade nos parâmetros do TVDI é mais evidente em anos onde o regime de precipitação pluvial apresenta-se abaixo do normal. Este não foi o caso da safra 2017-2018 analisada.

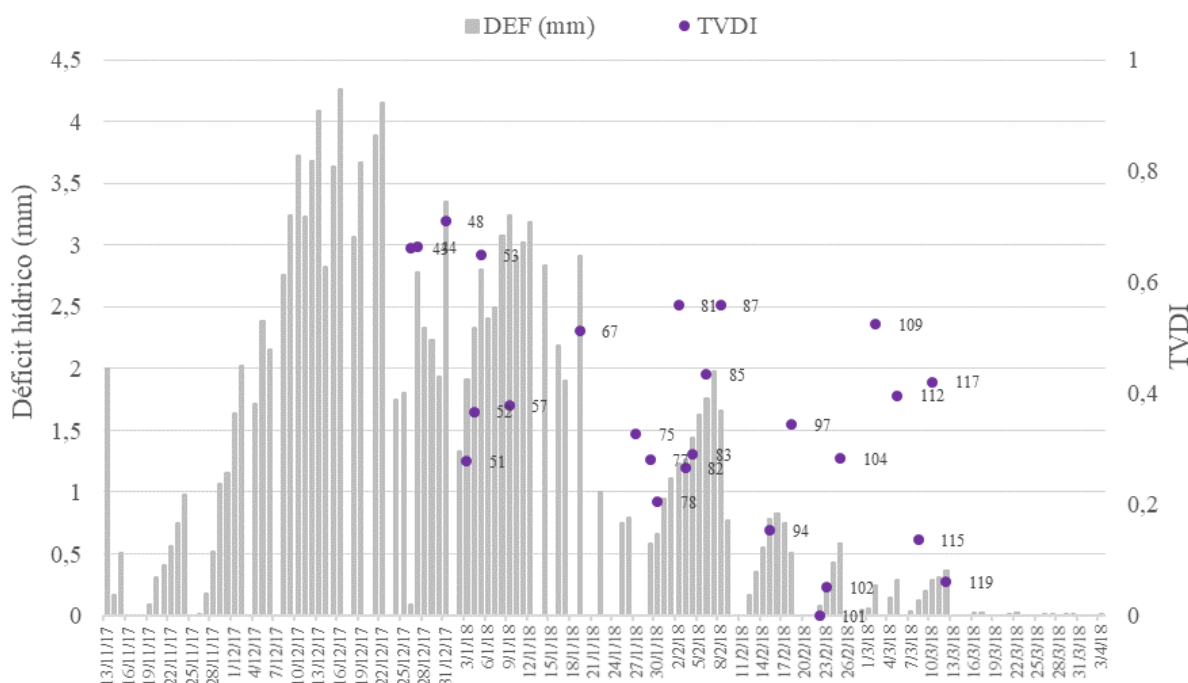


Figura 7

Figura 7: Distribuição do déficit hídrico obtido pelo cálculo do balanço hídrico e do índice TVDI apresentado em dias após a semeadura para cultura da soja na safra de 2017-2018 em Carazinho, RS.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O TVDI estimado a partir de sensores de superfície mostrou sensibilidade em representar a disponibilidade hídrica e permitiu acompanhar o desenvolvimento da safra.

No período de maior déficit o TVDI apresentou os maiores valores, indicando a restrição hídrica, coerente com o armazenamento de água no solo estimado pelo balanço hídrico. As temperaturas medidas em superfície também foram altas neste período.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e pela Embrapa Trigo, por meio do projeto SEG. nº: 02.15.07.003.00.00. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Campão Alto pela parceria no trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO. 2006, 323p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22:711-728. 2013.

BERGAMASCHI, H., BERGONCI, J. I. **As Plantas e o Clima - Princípios e Aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 352p.

Companhia Nacional de Abastecimento CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v. 5 - Safra 2017/18, n 8 - Oitavo levantamento, maio 2018.

DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; FANCELLI, A. L.; FRIZZONE, J. A.; REICHARDT, K. Balance hídrico cíclico y secuencial: estimación de almacenamiento de agua em el suelo. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 3, p. 537-546, 1999.

FEIX, R. D., LEUSIN JÚNIOR, S., AGRANONIK, C. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul** - 2017. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística - FEE, 2017.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 15p. (Special Report, 80).

FONTANA, D. C.; PINTO, D. G.; JUNGES, A. H., BREMM, C.. Inferências sobre o calendário agrícola a partir de perfis temporais de NDVI/MODIS. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 350-358, 2015.

GARCIA, M., FERNÁNDEZ N., VILLAGARCÍA, L., DOMINGO, F., PUIGDEFÁBREGAS, J., SANDHOLT, I. Accuracy of the Temperature-Vegetation Dryness Index using MODIS under water-limited vs. energy-limited evapotranspiration conditions. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 149, p. 100-117, 2014.

GOWARD, S. N., XUE, Y., CZAJKOWSKI, K. P., Evaluating land surface moisture conditions from the remotely sensed temperature/vegetation index measurements. An exploration with the simplified simple biosphere model. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 79, n. 3-3, p. 225-24, 2002.

HOLZMAN, M.E.; RIVAS, R.E.; PICCOLO, M.C. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 28, p. 181-192. 2014.

HUETE, A., DIDAN, K., MIURA, T., RODRIGUEZ, E. P., GAO, X., FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p.195-213. 2002.

- KUSTAS, W.P., LI, F., JACKSON, T.J., PRUEGER, J.H., MACPHERSON, J.L., WOLDE, M., Effects of remote sensing pixel resolution on model edenergy flux variability of croplands in Iowa. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 92, n. 4, p. 535-547, 2004.
- LIANG, L., ZHAO, S., QIN, Z., HE, K., CHEN, C., LUO, Y., ZHOU, X., Drought Change Trend Using MODIS TVDI and Its Relationship with Climate Factors in China from 2001 to 2010. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing, v.13, n. 7, p. 1501-1508, 2014.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONÉ, I.A.; ANJOS, C.S.; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. **Boletim FEPAGRO**, Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul, n. 10. 2002.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I.R. (Ed.). **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.
- MUNDSTOCK, C., & THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31p.
- PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 127 p.
- PRICE, J. C. Using spatial context in satellite data to infer regional scale evapotranspiration. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 28, n. 5, p. 940-948, 1990.
- ROERINK, G. J., Su, B., & MENENTI, M. S-SEBI: A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. **Physics and Chemistry of the Earth, Part B, Hydrology, Oceans and Atmosphere**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 147-157, 2000.
- ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Thermal time methods and sowing dates in phyllochron determination in wheat cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1374-1382, 2009.
- SANDHOLT, RASMUSEN, K., ANDERSEN, J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. **Remote Sensing of Environment**, 79, 213-224. 2002.
- SENTELHAS, P.C., BATTISTI, R., CÂMARA, G.M.S., FARIAS, J.R.B., HAMPF, A.C., NENDEL, C., The soybean yield gap in Brazil: magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science** 153, 1394-1411. 2015.
- SCHIRMBECK, L. W., FONTANA, D. C., SCHIRMBECK, J. Two approaches to calculate the TVDI in the humid subtropical climate of southern Brazil. **Scientia Agricola** v. 75, n. 2, p. 111-120. 2018a.
- SCHIRMBECK, J. FONTANA, D. C., ROBERTI, D. R. Evaluation of OSEB and SEBAL models for energy balance of a crop area in a humid subtropical climate. **Bragantia**, vol.77, n.4, pp.609-621. 2018b.
- SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; MANFRON, P. A.; SACCOL, A. V.; ESTEFANEL, V. Temperatura base e soma térmica do subperíodo semeadura-emergência para algumas cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 11, n. 4, p.299-308, 1987.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955, 104p.

VENTURINI, V., BISHT, G., & ISLAM, S.. Comparison of evaporative fractions estimated from AVHRR and MODIS sensors over South Florida. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 93, n. 1-2, p. 77-86, 2004.

WANG, X.; XIE, H.; GUAN, H. Different responses of MODIS-derived NDVI to root-zone soil moisture in semi-arid and humid regions. **Journal of Hydrology**, v. 340, p. 12–24. 2007.

ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; GRASSINI, P. Climate and Management Factors Influence Soybean Yield Potential in a Subtropical Environment. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 4, p. 1447-1454. 2016.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DECENAL NAS CAPITALS DO NORDESTE BRASILEIRO

Silvania Donato da Silva¹; José Francisco de Oliveira-Júnior²
Autor para correspondência: silvaniadonatodasilva@gmail.com

¹Estudante de Graduação em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL; ²Meteorologista, Professor, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL

RESUMO

No NEB os recursos hídricos estão distribuídos de forma irregular, assim interfere na oferta e na demanda hídrica da região. Portanto, o objetivo do estudo é avaliar o BHC decenal nas Capitais do NEB entre 2001 a 2012. O BHC foi calculado baseado na planilha de Excel. Para o cálculo do BHC, foi adotado o valor de 100 mm para o CAD, seguido dos valores médios mensais da temperatura do ar (°C) e da chuva (mm) obtida das estações meteorológicas do INMET. A avaliação foi com base na separação climatológica, segundo a variabilidade interanual e intrasazonal da chuva, isto é, NNEB, ENEB e SNEB. Neste estudo apenas serão avaliados P (mm), ETP (mm) e ETR (mm). O BHC Mensal das capitais do NNEB mostrou que São Luiz e Teresina apresentaram similaridades em relação ao período chuvoso, à exceção foi Natal. Já no período seco, todas as capitais do NNEB, com exceção de Natal, teve início a partir de Setembro. Nas capitais do ENEB, mostrou que João Pessoa, Recife e Maceió apresentaram similaridades em relação ao período chuvoso, à exceção foi Aracaju. Já no período seco todas as capitais do NNEB se estenderam entre Setembro a Dezembro. O BHC Normal Mensal da única capital do SNEB mostrou que Salvador apresenta o período chuvoso, a partir de Março com máximo em Maio. Já o período seco se estende entre Setembro a Dezembro. A variabilidade da chuva no NNEB, ENEB e SNEB é diferentemente influenciada pela dinâmica do Oceano Atlântico e do ENOS.

PALAVRAS-CHAVE: Variáveis Climáticas; Recursos Hídricos; Disponibilidade Hídrica

DECENAL CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE IN NORTHEAST BRAZILIAN CAPITALS

ABSTRACT

In the NEB, water resources are unevenly distributed, thus interfering with water supply and demand in the region. Therefore, the goal of the study is to evaluate the BHC decennial in the Capitals of NEB between 2001 and 2012. The BHC was calculated based on the Excel spreadsheet. For the calculation of the BHC, the value of 100 mm for the CAD was adopted, followed by the monthly average values of air temperature (°C) and rainfall (mm) obtained from INMET weather stations. The evaluation was based on the climatic separation, according to the interannual and intrasazonal rainfall variability, i.e., NNEB, ENEB and SNEB. In this study only P (mm), ETP (mm) and ETR (mm) will be evaluated. The monthly BHC of NNEB capitals showed that São Luiz and Teresina presented similarities in relation to the rainy season, except for Natal. In the dry season, all NNEB capitals, with the exception of Natal, started in September. In the capitals of the ENEB, it showed that João Pessoa, Recife and Maceió presented similarities in relation to the rainy season, except for Aracaju. In the dry season, all NNEB capitals extended between September and December. The BHC Normal Monthly of the single capital of the SNEB showed that Salvador presents the rainy season, from March to May. The dry period extends from September to December. Rainfall variability in NNEB, ENEB and SNEB is differently influenced by the dynamics of the Atlantic Ocean and ENSO.

KEY-WORDS: Climate Variables; Water Resources; Water Availability

INTRODUÇÃO

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é um método que realiza o monitoramento do armazenamento de água no solo, sendo utilizado como instrumento de planejamento agrícola, recursos hídricos e na avaliação de condições ambientais e de grau de pobreza de água (ROCHA et al., 2013; PASSOS et al., 2018). De acordo com Souza et al. (2012), o BHC é indispensável para estudos sobre o regime hídrico, planejamento agrícola, estudos climáticos, zoneamento agrícola, entre outras aplicações. No Brasil, a disponibilidade hídrica varia de região para região e mesmo dentro de uma Região percebem-se variações extremas ano após ano, por exemplo, secas ou inundações, como é o caso do Nordeste Brasileiro (NEB). No NEB os recursos hídricos estão distribuídos espacialmente de forma irregular, isto se deve aos seguintes fatores: localização geográfica, topografia, latitude e as condições climáticas, que de certa forma condicionam a oferta e a demanda hídrica e o desenvolvimento das atividades econômicas, particularmente a Agricultura.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Portanto, o objetivo do estudo é avaliar o BHC nas Capitais do NEB entre 2001 a 2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A região do NEB possui uma área de aproximadamente 1.558.196 km² e uma população de 53.081.510 habitantes. O NEB é formado por nove estados e suas capitais, são eles: Maranhão (MA) – São Luís, Piauí (PI) - Teresina, Ceará (CE) - Fortaleza, Rio Grande do Norte (RN) - Natal, Paraíba (PB) – João Pessoa, Pernambuco (PE) - Recife, Alagoas (AL) - Maceió, Sergipe (SE) - Aracaju e Bahia (BA) – Salvador. Os estados podem ser divididos em: Norte do NEB (NNEB) – (MA, PI, CE e RN), Leste do NEB (ENEb) – (PB, PE, AL e SE) e Sul do NEB (SNEB) – (BA). O NEB tem uma alta variabilidade interanual e intrasazonal da chuva, com a influência térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical, os quais controlam e modulam anos de seca e enchentes na região (LYRA et al., 2017).

O BHC foi calculado para as nove capitais do NEB baseado na planilha do ambiente do Excel feito por Rolim et al. (1998). Para o cálculo do BHC, foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD); seguido dos valores médios mensais de temperatura do ar e chuva do período de 2001 a 2012. Os dados meteorológicos foram obtidos a partir das estações meteorológicas convencionais (EMC) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) no seguinte endereço eletrônico: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/> - (INMET, 2019). A ETP foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). A partir dos valores de precipitação e ETP, estimou-se a ETR (mm), o ARM (mm), a DEF (mm) e o EXC (mm). Sendo que a avaliação foi com base na separação climatológica, segundo a variabilidade interanual e intrasazonal da chuva, isto é, NNEB, ENEB e SNEB. Mais neste estudo apenas serão avaliados P (mm), ETP (mm) e ETR (mm). Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva (média, desvio padrão e frequência - %).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **NNEB**

A chuva ($153,8 \pm 25,18$ mm) avaliada a partir do BHC Normal Mensal das capitais do NNEB mostrou que São Luiz e Teresina apresentam similaridade em relação à quadratura chuvosa (período chuvoso), sendo os máximos no mês de Abril, a exceção foi Natal, onde a quadratura chuvosa inicia-se a partir de Março com

máximo em Junho. Vale ressaltar que a chuva do período na capital de São Luiz (182,9 mm, 30,99%) foi superior a média do NNEB (153,8 mm). O período seco se estende entre Julho a Dezembro em todas as capitais do NNEB, a exceção é Natal, com início a partir de Setembro. Com relação às componentes ETP e ETR ambas apresentaram variabilidade entre as capitais do NNEB, por exemplo, Teresina a ETP variou de forma significativa com 28,91% e a em relação às demais capitais.

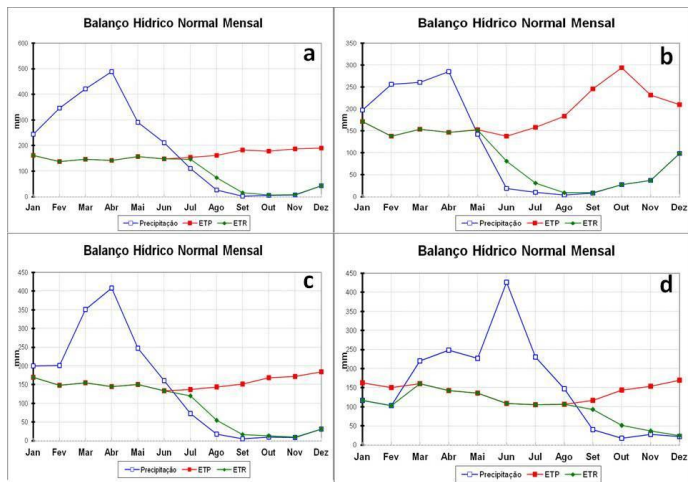


Figura 1. Balanço Hídrico Normal Mensal do NNEB para as capitais de São Luiz (a), Teresina (b), Fortaleza (c) e Natal (d) para o período de 2001 a 2012.

• ENEB

A chuva ($143,8 \pm 32,48$ mm) avaliada a partir do BHC Normal Mensal das capitais do ENEB mostrou que João Pessoa, Recife e Maceió apresentaram similaridade em relação à quadratura chuvosa (período chuvoso), sendo os máximos no mês de Junho, a exceção foi Aracaju, onde o máximo da quadratura chuvosa é a partir do mês de Maio. Vale ressaltar que a chuva do período de estudo nas capitais de João Pessoa (158,6 mm, 25,93%), Recife (190,6 mm, 31,16%) e Maceió (161,4 mm, 26,39%) foi superior a média do ENEB (143 mm). O período seco se estende entre Setembro a Dezembro em todas as capitais do NNEB, independente das capitais. Em comparação com a região NNEB, às componentes ETP e ETR não apresentaram tal variabilidade entre as capitais, as exceções foram Recife (27,46%) e Aracaju (25,86%).

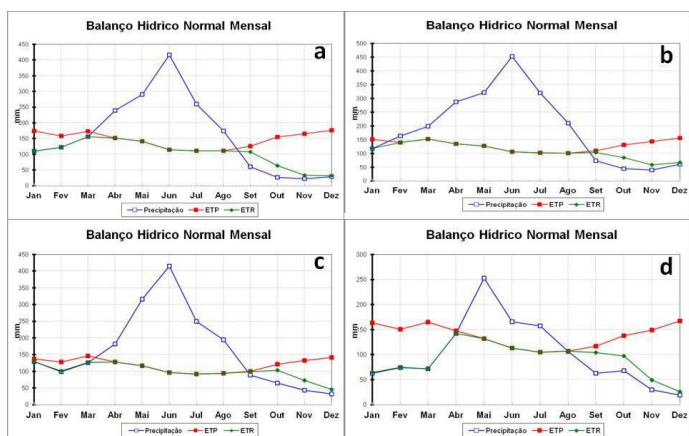


Figura 2. Balanço Hídrico Normal Mensal do ENEB para as capitais de João Pessoa (a), Recife (b), Maceió (c) e Aracaju (d) para o período de 2001 a 2012.

• SNEB

A chuva avaliada a partir do BHC Normal Mensal da única capital do SNEB mostrou que Salvador apresentou à quadratura chuvosa (período chuvoso), onde a quadratura chuvosa inicia-se a partir de Março

com máximo em Maio. O período seco se estende entre Setembro a Dezembro. Similar à região ENEB, às componentes ETP e ETR não apresentaram variabilidade.

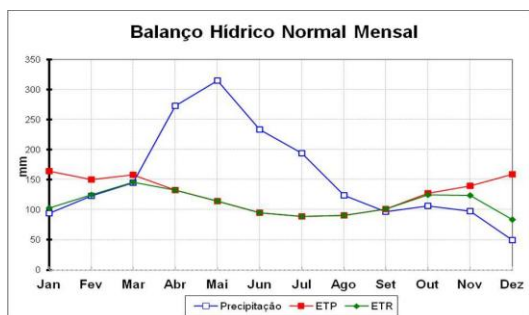


Figura 3. Balanço Hídrico Normal Mensal do SNEB em Salvador para o período de 2001 a 2012.

As interações do sistema oceano-atmosfera no Atlântico tropical (AT) contribuem para à alta variabilidade da chuva ao longo da costa do NEB (MOLION e BERNARDO, 2002). Os períodos chuvosos foram identificados para NNEB, ENEB e SNEB via BHC, respectivamente. Os regimes de chuva no NNEB, ENEB e SNEB mostram que a sua variabilidade nessas regiões é diferentemente influenciada pela dinâmica do AT. Porém, o *El Niño-Oscilação Sul* (ENOS), que por sua vez interfere no regime de chuva sobre a região do NEB. Tanto os ENOS como a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do AT são fatores importantes que influenciam diretamente a chuva do NEB. Portanto, diversos estudo mostram a relação entre as TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico relacionadas a chuva no NEB (LYRA et al., 2017).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O BHC Normal Mensal das capitais do NEB mostra que segundo a variabilidade interanual e intrasazonal da chuva, as regiões apresenta peculiaridades com relação a à quadratura chuvosa (período chuvoso) e o período seco na escala decenal. Tal variabilidade das componentes do BHC (P, ETP e ETR) são em virtude da influência do Oceano Atlântico Tropical e do ENOS. Porém, não descarta a influência dos processos de expansão (uso e ocupação do solo) e urbanização nas capitais do NEB. Para verificar isso é necessária uma série histórica homogeneizada de pelo menos 30 ou 50 anos de dados.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a UFAL e o INMET por cederem gentilmente os dados meteorológicos via BDMEP.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARAÚJO, S. R. D.; NETO, J. D.; SILVA, P. F da.; ARAÚJO, B. A. de; SABOYA, L. M. F.; MATOS, R. M. **Balanço hídrico e classificação climática para as mesorregiões da Paraíba.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.11, n. 6 , p. 1985-1997, 2018.

LYRA, G. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; CUNHA-ZERI, G.; ZERI, M. **Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies.** Meteorology and Atmospheric Physics (Print), v. 129, n. 2, p. 157-171, 2017.

MOLION; L.C.B.; BERNARDO, S. O. **Uma Revisão a Dinâmica Das Chuvas No Nordeste Brasileiro.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.

PASSOS, M. L. V.; SOUZA, J. B. C.; MENDES, T. J. **Balanço hídrico e classificação climática para o município de Turiaçu-MA.** ACSA, v.14, n.2, p.149-155, 2018.

ROCHA, G. C.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; FOLEGATTI, M. V., LINO, J. S. **Aspectos Físicos e Sociais da Geografia da Disponibilidade Hídrica Municipal no Brasil**. Irriga, v. 18, n. 3, p. 402-414, 2013.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 6, n.1, p133-137,1998.

SOUZA, I. A. de.; NETTO, A. M.; AZEVEDO, J. R. G. **Impacto do Aquecimento Global no Balanço Hídrico Diário e suas Consequências para a Agricultura**. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 03, n 1, p.558-571, 2012.

THORNTHWAITE, C.W. **An approach towards a rational classification of climate**. Geographical Review, v. 38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The Water Balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, v.8, n.1, 104 p., 1955.

COMPARATIVO DE HORAS E UNIDADES DE FRIO PARA MACIEIRA NO RIO GRANDE DO SUL

Fernando Rafael Batista Ribeiro Junior¹; Letícia Prechesniuki Alves²; Allef Patrick Caetano de Matos³; Luciana Barros Pinto⁴

Autor para correspondência: fernando.rafael23@hotmail.com

¹Aluno de Graduação em Meteorologia na UFPEL, Pelotas, RS; ²Aluno de Graduação em Meteorologia na UFPEL, Pelotas, RS; ³Meteorologista formado na UFPEL, Pelotas, RS; ⁴Professor no curso de Meteorologia na UFPEL, Pelotas, RS

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de horas e unidades de frio a partir de dados de temperatura observados entre duas estações meteorológicas instaladas nas cidades de Pinheiro Machado-RS e Vacaria-RS, sendo que a última atualmente é a maior produtora de macieiras no Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados mensais de temperatura do período de 2017-2018 de cinco estações meteorológicas. A contabilização das unidades de frio seguiu o método da Carolina do Norte modificado. O comportamento temporal dos dados foi analisado a partir de cidades próximas dos locais em estudo que contêm normais climatológicas de precipitação e temperatura. Observou-se que Pinheiro Machado, no Sul do Rio Grande do Sul apresenta horas e unidades de frio semelhantes a localidades localizadas na região da Serra, onde há grande produção de macieira, cultura de grande exigência térmica, evidenciando a existência de um grande potencial para o cultivo deste tipo de cultura no município localizado na Serra do Sudeste.

PALAVRAS-CHAVE: modelo agrometeorológico; serra do sudeste; dormência

COMPARATIVE OF HOURS AND COLD UNITS FOR MACIEIRA IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

This work aims to analyze the potential of hours and cold units from the temperature data observed between two meteorological stations installed in the cities of Pinheiro Machado-RS and Vacaria-RS, the latter that is currently the largest producer of apple trees in Rio Southern Brazil. Monthly temperature data for the period 2017-2018 from five meteorological stations were used. The counting of cold units followed the modified North Carolina method. The temporal behavior of the data was analyzed from cities near the study sites that contain climatic normal precipitation and temperature. It was observed that Pinheiro Machado, in the South of Rio Grande do Sul presents hours and cold units similar to localities located in the Aparados da Serra region, where there is great production of apple trees, a culture of great thermal demand, evidencing the existence of a large potential for cultivating this type of crop in the municipality located in the Serra do Sudeste.

KEY-WORDS: agrometeorological model; southeast mountain; numbness

INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus spp.*) pertence à família Rosaceae, é originária da Europa e da Ásia, tendo sua exploração comercial no Brasil iniciado na década de 1960, em Santa Catarina (FREIRE et al., 1994). Esse tipo de cultura é cultivado, preferencialmente em regiões de maior altitude, onde as condições climáticas propiciam seu desenvolvimento e qualidade do produto. Neste sentido, as condições climáticas são as maiores limitadoras para o cultivo da macieira em diferentes áreas (PETRI et al., 2006).

De acordo com o IBGE, o RS é o segundo maior produtor de maçã no Brasil (2015) atrás apenas de Santa Catarina. Os municípios com maior produção deste tipo de cultura no país são Fraiburgo e São Joaquim em SC e Vacaria no RS. Com uma produção média no triênio 2013-2015 de 643.974 toneladas/ano, responde por cerca de 50% da produção brasileira. Os maiores produtores localizam-se no nordeste do Estado. Destacam-se os municípios de Vacaria com a produção média de 228.237 toneladas/ano no período de 2013-2015; Caxias do Sul com 130.000 toneladas/ano e Bom Jesus com 92.167 toneladas/ano. A estes se seguem os municípios de Muitos Capões, Monte Alegre dos Campos, Ipê, São Francisco de Paula e São José dos Ausentes com produção entre 10 e 90 mil toneladas/ano (ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RS, 2019).

O ciclo anual da macieira compreende dois diferentes períodos: repouso e crescimento vegetativo. No período de repouso, há formação de substâncias reguladoras de crescimento vegetativo, que controlam as mudanças metabólicas de entrada e saída da dormência. As gemas dormentes necessitam acumular determinada quantidade de frio para uma posterior “quebra de dormência” e a subsequente brotação e desenvolvimento de ramos vegetativos ou produtivos (PETRI et al., 2006).

No inverno, ao entrar na fase de dormência, essas plantas reduzem suas atividades metabólicas necessitando de um certo período de temperaturas baixas para iniciar o novo ciclo vegetativo (OLSEN 2006; RUIZ et al., 2007). Sendo assim, modelos de unidades de frio são métodos utilizados na agrometeorologia para quantificar as horas de frio que culturas frutíferas, de clima temperado, necessitam para superar a fase de dormência.

O clima do Rio Grande do Sul é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido (classificação de Köppen). A latitude reforça as influências das massas de ar oriundas da região polar e da área tropical continental e Atlântica. As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geadas e precipitação eventual de neve (ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RS). Entretanto, regiões de clima subtropical podem, com frequência, ter incursões de ar quente no inverno (fazendo as temperaturas ficarem acima da normal climatológica em alguns dias), ou mesmo ter frio insuficiente para as necessidades fisiológicas da dormência, ao longo da estação, o que atrasaria o ciclo, afetaria a produtividade, a qualidade dos frutos e ainda poderia causar distúrbios fisiológicos como brotação e floração erráticas (IUCHI et al., 2002; LEITE et al., 2006; HAWERROTH et al., 2010, ANZANELLO et al., 2014).

Tendo em vista estes fatores limitantes, é necessário mensurar a quantidade de frio existente em um dado lugar e conhecer a exigência térmica das culturas de clima temperado que se deseja cultivar, a fim de evitar perdas. Uma das maneiras é contabilizando as horas de frio abaixo de 7,2°C diário, para culturas mais exigentes (no caso da Macieira), e 13,0°C para culturas menos exigentes. Outra maneira é mediante aos modelos agrometeorológicos de unidades de frio, que não se baseiam em valores fixos de temperaturas e levam em consideração os períodos mais quentes e menos quentes do dia.

Os modelos mais utilizados são os de Utah, desenvolvido por Richardson et al. (1974) e o da Carolina do Norte, desenvolvido por Shaltout e Unrath (1983). Pinheiro Machado tem apresentado temperaturas médias no inverno tão baixas quanto os Campos de Cima da Serra, além de menos vulnerabilidade as entradas de calor durante o inverno que cidades localizadas no paralelo 29°S ressaltando a importância do fator latitude x altitude que pode ser determinante para um frio constante no inverno conforme constatado por Matos et al. (2017). Essa constância de frio durante o inverno é extremamente importante para culturas como a macieira que precisam adormecer durante os meses de inverno e que serão cruciais para a qualidade final do produto, por esse motivo resolveu-se estudar neste trabalho o potencial de Pinheiro Machado para o cultivo das macieiras.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a disponibilidade de frio nas cidades gaúchas de Pinheiro Machado e Vacaria por meio da contabilização das horas de frio abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$ e das unidades de frio utilizando o modelo Carolina do Norte modificado, entre os períodos de Maio e Agosto dos anos de 2017 e 2018. Avaliar e comparar os dados de precipitação anual e temperatura média nos períodos MJJA e DJF dos anos de 2017 e 2018 de Pinheiro Machado e Vacaria com estações localizadas em regiões próximas que contêm as normais climatológicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para contabilização das horas de frio, existem dois modelos agrometeorológicos. O modelo de Utah considera como ideal a faixa de temperaturas entre $1,4$ e $12,5^{\circ}\text{C}$, tendo como ótimo a faixa de temperatura entre $2,5$ e $9,1^{\circ}\text{C}$, o que corresponde a uma unidade de frio. Acima de 16°C , é considerado prejudicial à fase de dormência, acumulando então unidades negativas.

O modelo da Carolina do Norte considera como boa a faixa entre $1,6$ e $16,4^{\circ}\text{C}$. Acima de 19°C , seria prejudicial e acumularia unidades negativas de frio. Estudos posteriores adaptaram esses modelos para a realidade climática do sul do Brasil, uma vez que períodos com temperaturas mais elevadas no inverno, acima da média (conhecidos como veranicos) são comuns. Ebert et al. (1986) adaptou o modelo de Utah e o da Carolina do Norte para que o acúmulo negativo de unidades de frio fossem restringidos para 96 horas após a última unidade de frio ter sido contabilizada.

Os modelos foram correlacionados à brotação da macieira em três locais, durante cinco anos. Para as condições do Planalto Catarinense, as melhores correlações para datas e intensidade de brotação foram obtidas com o modelo Carolina do Norte Modificado (PETRI et al., 2006), que será empregado neste trabalho. Para o estudo, serão utilizados os dados meteorológicos de temperatura e precipitação de Pinheiro Machado-RS que foram obtidos da estação meteorológica Davis Vantage Pro2 6152, de propriedade particular de Allef Matos, Gabriel Cassol e Fernando Rafael, instalada no Parque Charrua, em parceria com o sindicato rural. O Parque Charrua, pertencente ao sindicato rural e está situado na latitude $-31,57^{\circ}\text{S}$ e longitude $-53,41^{\circ}\text{W}$, estando a uma altitude de 450 m.

Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação de Vacaria-RS foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na latitude $-28,51^{\circ}\text{S}$ e longitude $-50,88^{\circ}\text{W}$ a uma altitude de 970m. Ambas as estações tem relevo de planalto (topo). A localização das estações meteorológicas é apresentada na Figura 1.



Figura 1: Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo. Colaboração de Gabriel Vieira.

A contabilização das horas de frio (abaixo de 7,2°C) e das unidades de frio, seguindo o método Carolina do Norte modificado (Tabela 1), foram realizadas através do software weatherlink, que é um software que armazena e organiza os dados da estação. O período dos dados compreende 01 de maio de 2017 a 30 de agosto de 2017 e 01 de Maio de 2018 a 30 de agosto de 2018 (período frio ou MJJA). Embora os modelos de estações meteorológicas na comparação entre Pinheiro Machado e Vacaria sejam diferentes, alguns testes foram realizados entre os modelos e constataram que não existente diferenças significativas no que se refere a acurácia e precisão dos sensores e equipamentos, permitindo uma comparação assertiva entre eles.

Utilizou-se também dados de precipitação média anual, temperatura média e anomalias, das estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Bagé, altitude de 242 m e 82 km de Pinheiro Machado, da estação convencional agroclimatológica de Pelotas, altitude de 13 m e 107 km de Pinheiro, e da estação convencional de Bom Jesus, altitude de 1048 m e distante 63 km de Vacaria. Estes municípios possuem normais climatológicas do período de 1981/2010 (normal climatológica de referência) podendo assim ser utilizados como referência nas comparações. Utilizou-se também o mapa de anomalia da temperatura média trimestral de JJA, disponível no site do INMET, para demonstrar os desvios positivos de temperaturas médias no inverno de 2017, 2018 e dos meses de maio e setembro de 2018.

Tabela 1: Modelo Carolina do Norte modificado

Temperatura °C	Unidades de Frio
<-1,1	0
1,6	0,5
7,2	1
13	0,5
16,5	0
19	-0,5
20,7	-1

Temperatura °C	Unidades de Frio
22,1	-1,5
>23,3	-2

Para mensurar o potencial de Pinheiro Machado para o plantio de macieiras neste trabalho, foi realizado análise de alguns índices térmicos estabelecidos pela Fepagro em 2011 (MALUF et al., 2011) através do zoneamento agroclimático para a cultura da macieira, que constatou que cidades próximas a Pinheiro Machado, na Serra do Sudeste, sobretudo, os municípios de Canguçu/Piratini seriam consideradas como preferenciais para o cultivo da macieira, contendo a mesma quantidade de horas de frio (embora estas duas cidades teriam apresentado temperaturas entre 0,5 e 1°C a mais na média de temperaturas máximas no inverno) do que a região de maior preferência: Vacaria/Bom Jesus no alto da Serra. Na Serra do Sudeste, o verão ameno e essa pequena deficiência de frio seriam compensados pela aplicação de produtos para quebra de dormência.

O levantamento realizado por (MALUF et al., 2011) para elaboração do zoneamento agroclimático da macieira apontou a partir de três índices térmicos se o local é propício ao plantio deste tipo de cultura, sendo preferencial, tolerável ou plantio não indicado. Os parâmetros considerados por tais autores foram (Tabela 2):

- Horas de frio abaixo, média, abaixo de 7,2°C acumulados de maio/agosto;
- Tmáx: temperatura média das máximas de inverno (trimestre JJA);
- TmedVerão: temperatura média de verão (trimestre DJF).

Tabela 2: Índices agroclimáticos utilizados no zoneamento da macieira para o estado do Rio Grande do Sul (MALUF et al., 2011)

Classificação	Horas de frio abaixo de 7,2°C	Tmáx	TmedVerão
Preferencial	> 400 < 600	> 15 < 18	> 18 < 22
Tolerada	> 300 < 500	> 15 < 19	> 18 < 25
Não indicado	> 300	> 19	> 25

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos de macieira mais cultivados no Sul do Brasil pertencem aos grupos ‘Gala’ e ‘Fuji’, por serem os de maior aceitação no mercado interno e mundial. Esses dois grupos de cultivares são considerados de média a alta exigência de frio. As cultivares do grupo ‘Gala’ por exemplo, apresentam média necessidade de frio, de 600 horas abaixo de 7,2°C, enquanto as cultivares do grupo ‘Fuji’ necessitam de maior acúmulo de frio, entre 700 a 800 horas abaixo de 7,2°C (PETRI et al., 2006). O município de Pinheiro Machado durante o trimestre de inverno (JJA) de 2018 (inverno que ficou próximo a normalidade histórica da região) apresentou temperaturas médias menores que várias estações da Serra Gaúcha e tão baixa quanto a de cidades dos Aparados da Serra, então abriu-se a possibilidade do município do Sul do RS apresentar condições favoráveis a culturas de média a alta exigência térmica, como a gala e a fuji comentada acima e que também tem ampla aceitação comercial.

ANOMALIAS DE TEMPERATURAS MÉDIAS
VALIDO PARA JUNHO–JULHO–AGOSTO DE 2017
CLIMATOLOGIA DE REFERENCIA:1981–2010

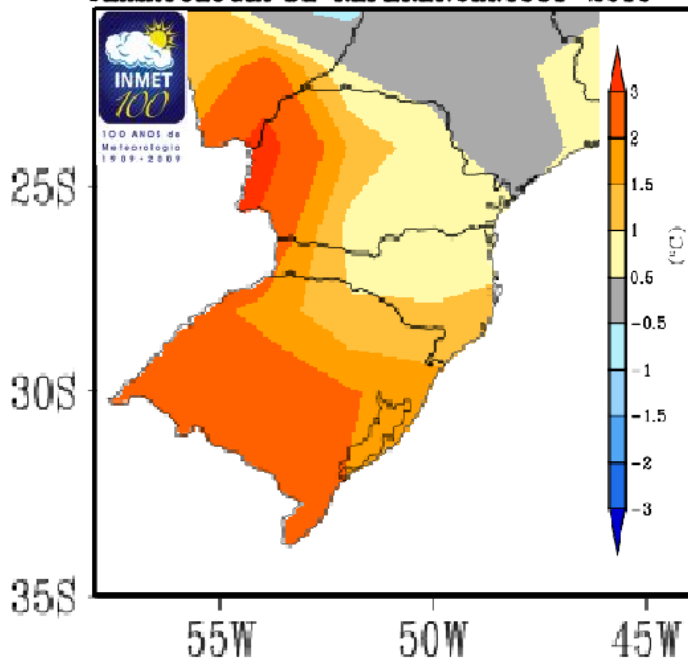


Figura 2: Anomalia da temperatura média do trimestre JJA de 2017, em relação à normal climatológica de 1981 – 2010. Fonte: INMET, adaptado.

No ano de 2017, Pinheiro Machado apresentou média de 13,5°C no inverno (JJA) e 13,7°C no período frio (MJJA). O referido ano caracterizou-se com um inverno de temperaturas acima da média no RS (Figura 2), especialmente na metade sul do RS que teve o inverno mais quente do histórico de dados de 105 anos (conforme série histórica de Bagé e Pelotas), superando invernos como o de 2001 e 2015, que até então haviam sido os mais quentes já registrados na região. Paralelamente registrou-se também o setembro mais quente de todo histórico de 100 anos, configurando dessa forma o período frio mais quente até então observado na região. O município de Bagé terminou o inverno com 16,0°C (desvio de +2,8°C em relação a normal de referência) e o período frio com 16,2°C de temperatura média (anomalia de +2,4°C), o MJJA mais quente já registrado. Isso refletiu no baixo acumulado de horas de frio em Pinheiro Machado, que registrou apenas 273 horas e 25 minutos.

No nordeste do RS, Vacaria teve média de 13,1°C no JJA de 2017, 0,4°C a menos que Pinheiro Machado. Isso ocorreu pelo fato dos desvios no nordeste do RS não terem sido tão acentuados quanto no sul durante o inverno, por esse motivo, Vacaria conseguiu registrar acumulado de 369 horas de frio. Bom Jesus, por exemplo, apresentou 13,6°C de média no JJA (+1,8°C em relação a normal de referência) e 13,9°C no período frio (+2,4°C em relação a normal de referência). O motivo para os maiores desvios positivos de temperatura ocorrer na metade sul do estado se deu em virtude das configurações atmosféricas predominantes, que direcionaram anomalmente o transporte de ar quente do centro do Brasil para a campanha gaúcha. Mesmo assim, as horas de frio acumuladas de Pinheiro Machado assemelhou-se a de cidades da serra, como Caxias do Sul (830m de altitude) que teve 282 horas.

Apesar de Pinheiro Machado ter ficado na região de maiores anomalias positivas do Estado, conseguiu terminar o período frio com 1196,5 unidades acumuladas (pico de 1323,5 em 24 de agosto), acima de Caxias do Sul que terminou com 978,1. Entretanto, Vacaria computou 1440,33 unidades.

Quanto à disponibilidade hídrica – que também é dependente das características físicas do solo e da profundidade e extensão do sistema radicular das plantas – não é limitante para a cultura no Sul do Brasil. As macieiras geralmente necessitam de no mínimo 700 mm por ano. Quanto ao limite máximo, para que o manejo fitossanitário não fique comprometido, é necessário que o volume de precipitações não ultrapasse o máximo de 1.700 mm por ano (FIORAVANÇO et al., 2013).

A precipitação média anual normal de Pelotas e Bagé é de 1407,2 mm e 1503 mm respectivamente. Bom Jesus tem precipitação média anual de 1702 mm, mostrando que conforme (Fioravanço et al., 2013) o Estado não apresenta problemas com relação a disponibilidade hídrica, podendo apresentar precipitações um pouco acima do recomendado em anos anômalos como ocorreu em Pinheiro Machado em 2017 que registrou 1900 mm.

Os dois outros parâmetros usados para classificação para o plantio da macieira também foram atendidos em Pinheiro Machado, mesmo num ano como 2017. A média de máximas em JJA de 2017 foi de 17,7°C e no mesmo período em 2018 13,3°C, ficando dentro dos parâmetros preferenciais. Nos mesmos períodos, Vacaria apresentou média de máximas de 18,7°C e 17,1°C, respectivamente.

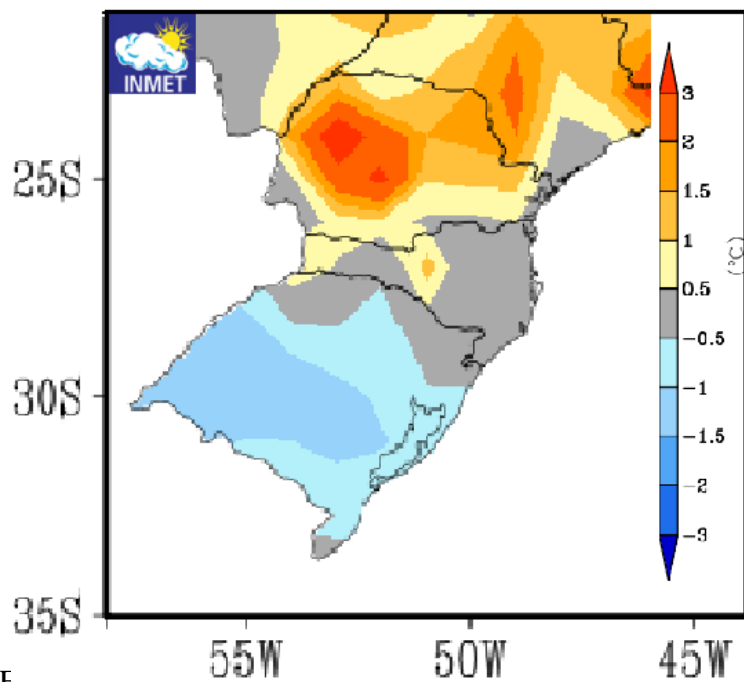
Com relação às médias de temperatura do trimestre de Verão (DJF), Pinheiro Machado teve em 2017, média de 21°C e em 2018 médias de 20,4°C. Entretanto, Vacaria nos mesmos períodos apresentou médias de 21,7°C e 20,2°C, respectivamente mostrando que neste quesito, o município da Serra do Sudeste também satisfaz as condições necessárias através de dados observados, o que comprova o potencial térmico existente (preferencial) para o plantio de macieiras até mesmo num dos invernos mais quentes já registrados na região.

No ano de 2018, o inverno foi característico da estação com temperaturas dentro a ligeiramente abaixo da normalidade climatológica no estado, sobretudo na metade sul e oeste do RS. As configurações atmosféricas (bloqueio atmosférico sobre o centro do continente) impediram diversas vezes o avanço do ar frio para latitudes mais baixas, deixando o frio retido nas áreas mais ao sul (Figura 3). Bagé apresentou média de 12,2°C no inverno (anomalia de -1,0°C em relação à normal de referência). Pelotas apresentou desvio semelhante. Entretanto, Bom Jesus teve média de 11,7°C, sem desvios de temperatura em relação a normal de referência, evidenciando que os desvios negativos ficaram mais restritas ao sul gaúcho. Por esse motivo Pinheiro Machado não só apresentou temperaturas médias menores, como também as menores temperaturas médias no inverno (Junho, Julho Agosto) entre todas as estações do RS, como mostra na Tabela 3 que apresenta as menores temperaturas médias registradas no estado.

Tabela 3: Temperaturas médias mensais e trimestrais do inverno em algumas cidades do RS

Cidade	Junho (°C)	Julho (°C)	Agosto (°C)	Trimestre (°C)
Pinheiro Machado	9,0	9,4	9,7	9,4
São José dos Ausentes	9,9	11,0	9,4	10,1
Bom Jesus	10,2	11,2	9,7	10,4
Vacaria	10,7	11,9	10,4	11,0

**ANOMALIAS DE TEMPERATURAS MEDIAS
VALIDO PARA JUNHO-JULHO-AGOSTO DE 2018
CLIMATOLOGIA DE REFERENCIA:1981-2010**

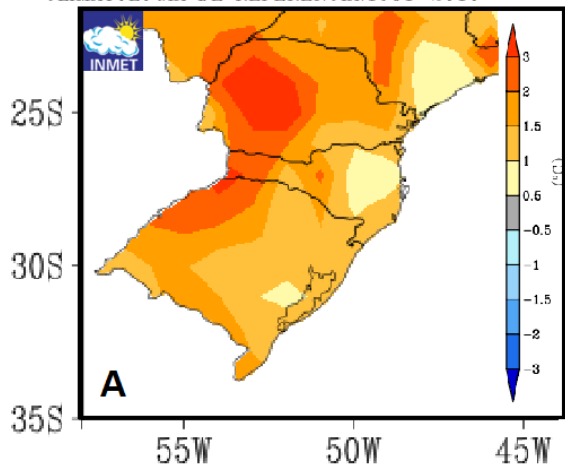


F... 1981 – 2010. Fonte: INMET, adaptado.

le 2018, em relação à normal climatológica de

Os acumulados de horas de frio para temperaturas abaixo de 7,2°C foram mais que o dobro de 2017. Tanto para JJA, como no período MJJA. Os acumulados de horas de frio (caso fosse contabilizados até setembro) só não foram maiores devido aos meses de maio e setembro, que terminaram acima da média histórica de 1981-2010 (figura 4a e 4b). Especialmente setembro, que terminou como segundo mais quente do histórico de 105 anos em Bagé e Pelotas (anomalia de +3,5°C em ambas). Estes meses, assim como todo período frio de 2017, teve predominância de um sistema de alta pressão atmosférica no oceano Atlântico (Alta Subtropical do Atlântico Sul), transportando ar quente do centro do continente para o Rio Grande do Sul.

**ANOMALIAS DE TEMPERATURAS MEDIAS
VALIDO PARA MAIO DE 2018
CLIMATOLOGIA DE REFERENCIA:1981-2010**



**ANOMALIAS DE TEMPERATURAS MEDIAS
VALIDO PARA SETEMBRO DE 2018
CLIMATOLOGIA DE REFERENCIA:1981-2010**

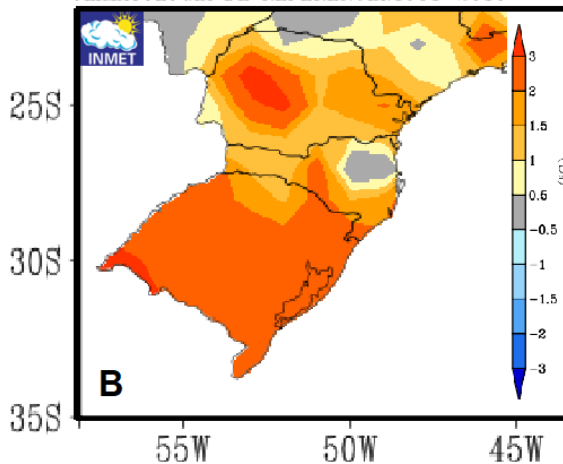


Figura 4: Anomalias de temperatura média em maio (a) e setembro (b) de 2018. Fonte: INMET, adaptado.

Os locais de maior altitude sofrem menos com essas advecções, por esse motivo as cidades da serra de sudeste não conseguiram acumular significativas horas de frio, tanto para temperaturas abaixo de 7,2°C como para abaixo de 13,0°C, enquanto cidades altas da serra de nordeste conseguiram (embora menos do que seria em situações normais).

Todavia, os acumulados de horas de frio em Pinheiro, no período frio, estiveram entre os maiores do estado com acumulado de 813h. Entretanto, Vacaria terminou com 750h. De maneira semelhante, como comentado acima sobre as horas de frio, os acumulados de unidades de frio foram significativos no MJJA com 1800 unidades de frio, porém maio acima da média impossibilitou acumulados maiores. Entretanto, o município de Vacaria, no mesmo período, registrou 1464,8.

O mês de julho de 2018 não apresentou desvio mensal em relação à normal de 1981/2010 (normal de referência) em Bagé e Pelotas e mesmo assim Pinheiro Machado teve 9,4°C de temperatura média, como mostrado na tabela 3, além de 251 horas de frio acumulada e 521 unidades de frio. Outra informação relevante foi o fato de que Pinheiro Machado teve apenas 4 dias no referido mês com máximas acima dos 19,0°C (limiar de temperatura que começa a acumular unidades de frio negativas conforme o método utilizado no trabalho), sendo a maior 22,4°C. Estes dados mostram que Pinheiro Machado atende as exigências térmicas das macieiras.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Pinheiro Machado apresentou uma variabilidade no número de horas de frio e de precipitação, entre os dois anos, devido às condições de escala sinótica, na atmosfera, diferentes durante o período de estudo. O ano de 2017 apresentou condições que propiciaram a ocorrência do inverno (JJA) mais quente, e do período frio (MJJA) mais quente de todo histórico de 100 anos de dados, na metade sul do RS. Em virtude das condições apresentadas, Pinheiro Machado apresentou neste ano anômalo, horas de frio insuficientes para o cultivo de maçãs de maior exigência de frio (menos de 300h) juntamente como a cidade de maior produção do fruto no estado, Vacaria (menos de 400h).

No ano de 2018, o período frio foi mais característico da época, cuja temperatura média do trimestre MJJA situou entre a média e ligeiramente da média em relação a normal de 1981/2010, com a predominância de dias frios intercalado por alguns dias mais quentes. Pinheiro Machado se destacou por apresentar temperaturas médias, no período de MJJA, tão baixas quanto a cidades dos Campos de Cima da Serra. Pelo fato dos desvios negativos de temperatura não terem sido tão acentuados, é razoável supor que as horas e unidades de frio ficaram próximas daquilo que seria o normal para o município, e pode-se hipotetizar também que o inverno de Pinheiro Machado esteja entre os mais frios do estado, com as horas e as unidades de frio acumulados igualmente entre os maiores, reforçando o potencial existente na cidade localizada na Serra do Sudeste para o plantio de maçãs.

Estes resultados obtidos podem servir de incentivo para que outros municípios da Serra do Sudeste, com condições geográficas parecidas com as de Pinheiro Machado, invistam em pesquisas com monitoramento meteorológico e posteriormente explorem seus potenciais para o cultivo de culturas de clima temperado, ampliando as culturas já existentes na região e também introduzindo o cultivo das macieiras como uma nova fonte de renda para a população local.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao programa PET por fomentar trabalhos de pesquisa e possibilitar a publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ATLAS SOCIECONÔMICO DO RS. **Uva e Maçã: O RS é o maior produtor nacional de uva e o segundo maior produtor de maçã.** Porto Alegre, fev.2019. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/uva-e-maca>>. Acesso em 10 jun. 2019.

ATLAS SOCIECONÔMICO DO RS. **Clima, temperatura e precipitação: O clima do Rio Grande do Sul é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido.** Porto Alegre, fev.2019.

Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

ANZANELLO, R.; FIALHO, B. F.; SANTOS, H.P.; BERGAMASCHI, H.; MARODIN, G.A.B. Bud dormancy in apple trees after thermal fluctuation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.49, n.6, p.457-464, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000600457&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 10 jun. 2019.

EBERT, A.; PETRI, J. L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. *Acta Horticulturae*, n.184, p. 89-96, 1986. Acesso em: 10 jun. 2019.

FIORAVANÇO, João Caetano; SANTOS, Régis Sivori Silva dos. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2013. Coleção 500 perguntas, 500 respostas para o cultivo da maçã. Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000020-ebook-pdf.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

FREIRE, C. J. da Silva; CAMELATTO, D.; CANTILLANO R. F. F.; KOVALESKI, A.; FORTES, J. F. **A cultura da Maçã**. Brasília: EMBRAPA, 1994. COLEÇÃO PLANTAR, p9. Acesso em: 07 jun. 2019.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; LEITE, G.B. Cianamida hidrogenada, óleos mineral e vegetal na brotação de gemas e produção de macieiras 'Royal Gala'. **Seminário: Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p. 1145-1154, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/2582/6915>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

IUCHI, V. L.; IUCHI, T.; BRIGHENTI, E.; DITRICH, R. Quebra da dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh) em São Joaquim, SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.168-174, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/0D/rbf/v24n1/9919.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

INMET. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 01 jun. 2019.

LEITE, G. B.; BONHOMME, M.; PUTTI, G. L.; PETEL, G.; PETRI, J.L.; RAGEAU, R. Physiological and biochemical evolution of peach leaf buds during dormancy course under two contrasted temperature patterns. **International Journal of Horticultural Science**, v.12, n.4, p.15-19, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Gabriel_Leite/publication/281471660_Physiological_and_biochemical_evolution_of_peach_leaf_buds_during_dormancy_course/links/55f0311e08ae199d47c0fbd5/Physiological-and-biochemical-evolution-of-peach-leaf-buds-during-dormancy-course.pdf>. Acesso em 10 jun. 2019.

MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R. ; STEINMETZ S. ; MALUF, D. E. **Zoneamento Agroclimático da Macieira no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. BOLETIM FEPAGRO, p. 28. Acesso em: 03 jun. 2019.

MATOS, A. P. C; NUNES, A. B. Estudo preliminar da temperatura do ar em Canela – RS e Canguçu – RS. In: **Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia – ESBMET**, Pelotas, RS. 2017. Acesso em: 06 jun. 2019.

OLSEN, J. E. **Mechanisms of dormancy regulation**. *Acta Horticulturae*, v.727, p.157-166, 2006. Acesso em: 08 jun. 2019.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLA, A. C. **Dormência e indução da macieira**. In: EPAGRI. A cultura da macieira. Florianópolis, 2006. p.261- 298. Acesso em: 06 jun. 2019.

RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. **HortScience**, v.1, p.331-332, 1974. Acesso em: 05 jun. 2019.

RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEEA, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental & Experimental Botany**, v.61, n.3, p.254-263, 2007. Acesso em: Acesso em: 07 jun. 2019.

SHALTOUT, A. D.; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.108, n.6, p. 957-961, 1983. Acesso em: 05 jun. 2019.

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO E POTENCIAL DE ATAQUE FÚNGICO DA MADEIRA EM PARAGOMINAS-PA

Larissa Ranielle da Silva Parente¹; Bruno Gama Ferreira¹; Denilson Barreto da Luz¹; Gabriel Ito dos Santos Teixeira¹; Adrielle Carvalho Monteiro¹

Autor para correspondência: larissarsparente@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia; ²Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

RESUMO

Devido a grande perturbação que as florestas naturais sofrem pelo consumo de madeira, há necessidade de melhor aproveitamento desse recurso. Objetivou-se com esse trabalho estimar e avaliar a umidade de equilíbrio (UEM) e potencial de ataque fúngico (PAF) da madeira nas condições climáticas de Paragominas-PA. A UEM e o PAF foram estimados através dos métodos de Simpson (1971) e Scheffer (1971), respectivamente. Para tanto, foram utilizados 12 anos (2007 a 2018) de dados de temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm.dia⁻¹), obtidos juntos ao Instituto Nacional de Meteorologia. A UEM média em Paragominas foi de 11,82% e o PAF obteve mínimo de 0 em setembro e outubro e máximo de 33,1 em março. Orienta-se atenção na secagem, armazenamento e preservação da madeira nas estações úmidas.

PALAVRAS-CHAVE: : Produtos Florestais; Climatologia; Processamento

DETERMINATION OF EQUILIBRIUM MOISTURE AND POTENTIAL OF FUNGIC ATTACK OF WOOD IN PARAGOMINAS-PA

ABSTRACT

Due to the great disturbance that the natural forests suffer from the consumption of wood, it is necessary to make better use of this resource. The objective of this study was to estimate and evaluate the equilibrium moisture (WEM) and the fungal attack potential (PAF) of the wood in the climatic conditions of Paragominas-PA. WEM and PAF were estimated using the methods of Simpson (1971) and Scheffer (1971) respectively. In order to do so, 12 years (2007 to 2018) of temperature (°C), relative Humidity (%) and precipitation (mm.dia⁻¹) data were taken together with the National Institute of Meteorology. The average WEM in Paragominas was 11.82% and the PAF obtained a minimum of 0 in September and October and a maximum of 33.1 in March. Attention is focused on the drying, storage and preservation of wood in wet seasons.

KEY-WORDS: Forest Products; Climatology; Processing

INTRODUÇÃO

As florestas, principalmente a floresta amazônica, vêm sendo destruídas a uma velocidade sem precedentes devido ao desmatamento e ao mau uso dos recursos naturais (HIGUCHI, 2004). Para YARED (1990), a madeira é o recurso mais consumido das florestas, o qual exerce grande pressão nas reservas naturais. Nesse sentido, SILVA (2008) ressalta a importância de se utilizar técnicas de processamento que aumentem a

resistência e a longevidade dessa matéria prima. Entre as etapas de processamento da madeira destacam-se o processo de secagem e a preservação da madeira (GALVÃO et al., 2004).

A madeira é um material higroscópico, ou seja, absorve e perde água na forma de vapor. Quando em uso está sujeita à ocorrência de alterações dimensionais e deformações decorrentes das interações com a atmosfera (KILIC & NIEMZ, 2012). Essas interações normalmente estão vinculadas a trocas gasosas, na forma de vapor d'água, e tendem a se estabilizar, até atingir o equilíbrio com a umidade do ar, definindo-se a umidade de equilíbrio da madeira (GALVÃO, 1975).

Devido suas propriedades orgânicas, a madeira quando exposta ao ambiente pode ser alvo de agentes biológicos, especialmente fungos. A temperatura e a umidade da madeira são os principais fatores que influem no ataque fúngico, pois suas características favorecem o metabolismo e a degradação da parede celular pelo fungo (MORRIS, 2011). Para SILVA (2008), danos por ataque fúngico é especialmente observado em condições onde o teor de umidade da madeira se aproxima de 30% e a temperatura ambiente situa-se na faixa de 25 a 30°C.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se com o presente trabalho estimar e avaliar a umidade de equilíbrio e o potencial de ataque fúngico da madeira, nas condições climática de Paragominas-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município Paragominas caracteriza-se como clima quente e úmido, do tipo Awi da classificação de Köppen com temperatura média anual de 26,3 °C e de umidade relativa de 81%, e a média anual de chuva de 1700 mm a 1800mm (BASTOS, 2006).

Os dados meteorológicos de temperatura do ar (Tar °C), umidade relativa (UR%) e precipitação (mm.dia⁻¹) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período avaliado foi de 2007 a 2018.

A umidade de equilíbrio da madeira (UEM) foi estimada pelo método de SIMPSON (1971), equação 1. Esse método está baseado na teoria de adsorção de Hailwood e Horrobin e permite estimar a UEM em função da temperatura (°C) e umidade relativa (%), equações 2, 3 e 4.

$$UEM = \left[\frac{K1K2H}{1 + K1K2H} + \frac{K2H}{1 - K2H} \right] \times \frac{1800}{W} \quad \text{Eq. (6)}$$

$$K1 = 4,737 + 0,04773T - 0,00050123T^2 \quad \text{Eq. (7)}$$

$$K2 = 0,705941 + 0,001698T - 0,000005553T^2 \quad \text{Eq. (8)}$$

$$W = 223,384 + 0,6942T + 0,0185324T^2 \quad \text{Eq. (9)}$$

Em que: UEM = umidade de equilíbrio da madeira (%); H = pressão de vapor relativa (UR/100); W = peso molecular da unidade polimérica que forma o hidrato; K1 e K2 são constantes de equilíbrio, obtidas em função da temperatura diária (T, em °C).

O Potencial de ataque fúngico (PAF) foi calculado de acordo com a fórmula de SCHEFFER (1971), equação 5.

$$PAF = \sum_{Jan}^{Dez} \frac{(T - 2)(D - 3)}{16,7} \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde: PAF = Potencial de ataque fungico; T = Temperatura média mensal (°C) e D = número de dias no mês com precipitação de 0,3mm ou maior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar (Tar °C) entre os anos avaliados foi de 26,66 °C, com máxima no mês de novembro (28,29 °C) e mínima no mês de Fevereiro (25,79 °C). O valor médio da umidade relativa (UR%) foi de 77,55%, com máxima de 86,10% em Abril e mínima de 68,94% em Outubro. A maior precipitação (PP) média ocorreu no mês de Março (309,66 mm.dia⁻¹) e a menor no mês de Setembro (8,78 mm.dia⁻¹).

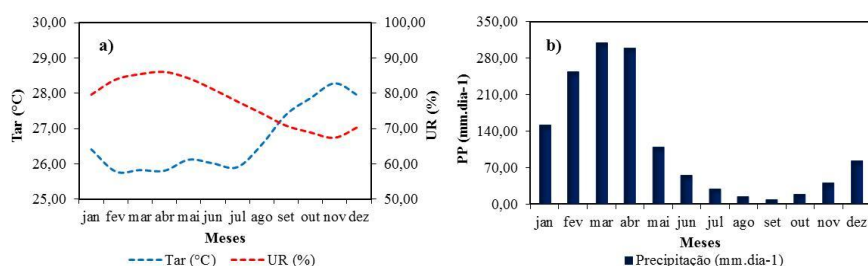


Figura 1: Caracterização Climática de Paragominas entre os anos de 2007 a 2018: Em (a): Temperatura do ar - Tar (°C) e Umidade Relativa - UR (%); em (b) Precipitação média mensal - PP (mm.dia-1)

A figura 2 apresenta a variabilidade da umidade de equilíbrio da madeira (a) e o potencial de ataque fúngico (b).

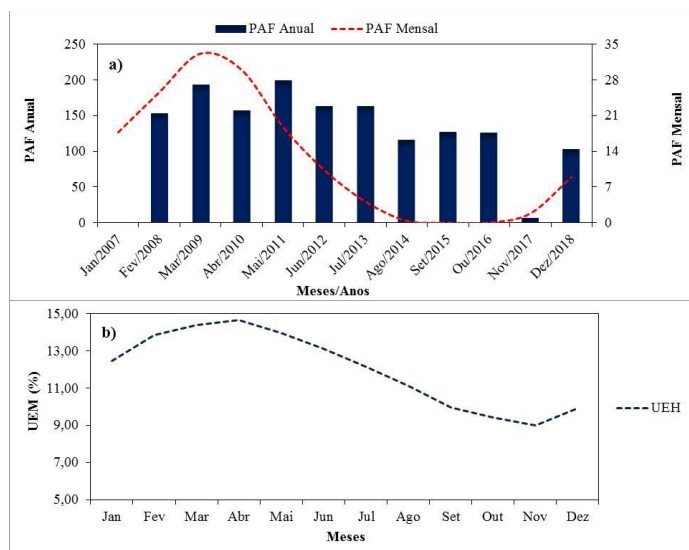


Figura 2: Variabilidade da Umidade de Equilíbrio (UEM%) e do Potencial de ataque fúngico (PAF) para Paragominas no período de 2007 a 2018: Em (a): Oscilação do PAF Anual e PAF Mensal; em (b): Variação média mensal de UEM (%).

Os valores médios da umidade de equilíbrio corroboraram com os médios de umidade relativa, 10% a 15% de dezembro a maio e 9% a 13% de junho a novembro. O valor mínimo de UEM em Paragominas foi de 8,99% em novembro e máximo de 14,65% em abril, resultando em uma média de 11,82%. GALVÃO (1975) observou UEM médio de 18,6% para a Capital do estado do Pará, que em comparação com a média em Paragominas (11,82%) evidencia-se uma amplitude de 6,78%. Conforme MARTINS et al (2003), a aplicação do modelo de SIMPSON (1971), na região norte e parte da região litorânea brasileira, as médias

anuais de UEM variam de 16% a 18%, enquanto que para Paragominas variou em média de 8.99% a 14,65%.

A amplitude do Potencial de Ataque Fúngico (PAF) entre os anos (completos) estudados foi de 83,21, com máxima no ano de 2011 (198,07) e mínima no ano de 2014 (114,86), onde tal variação pode ter sido motivada por eventos climáticos, como el niño e la niña. SCHEFFER (1971) diz que valores anuais superiores a 65 são classificados como zonas de alto potencial para o ataque de fungos. SILVA (2008) observou um PAF anual muito elevado para região norte, variando de 170 a 270. Obteve-se maiores e menores risco de degradação por fungos para o período úmido (dezembro a maio; PAF entre 8,9 a 33,1) e seco (junho a novembro; PAF entre 0 a 10,3), respectivamente, corroborando com os resultados de CASAVECCHIA (2016) que analisou o PAF para o estado do Mato Grosso e evidenciou alto potencial de ataque para a estação chuvosa (PAF variando de 16,6 a 25,9) e baixo potencial para a estação seca (PAF variando de -2,70 a 3,40). Esse comportamento é resultado da higroscopicidade potencial da madeira, absorvendo maior teor de água disponível em um ambiente, permitindo um microambiente húmido favorável para o desenvolvimento de fungos na superfície da madeira (BORDIN, 1999).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De junho a novembro, observa-se baixa umidade de equilíbrio (9% a 13%) e baixo potencial de ataque fúngico (0-10,3). Entre dezembro e maio, contata-se alta umidade de equilíbrio (10% a 15%) e maior potencial de ataque fúngico (8,9 a 33,1).

Para se obter a UEM em Paragominas é necessário secar a madeira, em média, até 11,82%. Os períodos úmidos requerem atenção especial quanto aos cuidados de preservação e armazenamento da madeira.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BASTOS, T. X. et al. Informações agroclimáticas do município de Paragominas para o planejamento agrícola. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14. 2006, Florianópolis. Anais. Florianópolis: SBMET, 2006.

BORDIN, M. R. Embalagem levada a sério: o CETEA projeta embalagens baseadas em resultados práticos, o que proporciona rapidez e baixo custo de desenvolvimento. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 6, p. 46-48, 1999.

CASAVECCHIA, B. H. et al. Potential fungal attack for wood in Mato Grosso state, Brazil. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 4, n. 3, p. 156-161, 2016.

GALVÃO, A. P. M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF**, v. 11, p. 53-65, 1975.

GALVÃO, A. P. M. et al. Processos práticos para preservar a madeira. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**, 2004.

HIGUCHI, M. I. G.; HIGUCHI, N. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. INPA:[Brasília]: CNPq, 2004.

KILIC, A. & NIEMZ, P. Extractives in some tropical woods. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 70, n. 1, p. 79-83, 2012.

MORRIS, P. I.; WANG, J. Scheffer index as preferred method to define decay risk zones for above ground wood in building codes. **International Wood Product Journal**, v. 2, n. 2, p. 67-70, 2011.

MARTINS, V. A. et al. Umidade de equilíbrio e risco de apodrecimento da madeira em condições de serviço no Brasil. **Brasil Florestal**, v. 22, n. 76, p. 29-34, 2003.

SCHEFFER, T. C. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. **Forest Products Journal**, Madison, v. 21, n. 10, p. 25-31, 1971.

SILVA, J. F. et al. Climatologia aplicada ao uso da madeira. 2008.

SIMPSON, W. T. Equilibrium moisture content prediction for wood. **Forest Products Journal**, v. 21, n. 5, p. 48-49, 1971.

YARED, J. A. G.; BRIENZA JUNIOR, S. A atividade florestal e o desenvolvimento da Amazônia. **Embrapa Amazônia Oriental-Outras publicações científicas (ALICE)**, 1990.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR ESTAÇÕES DO ANO EM VILHENA - RO

Daniele Jesus Venturim¹; Aline Ottos Moreira¹; Wilk Sampaio de Almeida¹
Autor para correspondência: danieleventurim@gmail.com

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia campus Colorado do Oeste

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelas metodologias propostas por Hargreaves-Samani e Penman-Monteith-FAO nas diferentes estações do ano para o município de Vilhena, Rondônia. O período avaliado foi de setembro de 2013 a setembro de 2014. Para cálculo dos valores de ET_o foi utilizado o modelo de Hargreaves-Samani e de Penman-Monteith (PM), considerado o método padrão de estimativa de ET_o. Os valores de ET_o foram separados por estação (primavera, verão, outono e inverno) e comparados entre si. Os valores de ET_o estimados por PM variaram de 1,21 mm d⁻¹ (verão) a 6,42 mm d⁻¹ (primavera). Os valores de ET_o estimados por HS variaram de 2,07 mm d⁻¹ (outono) a 6,08 mm d⁻¹ (primavera). Maiores valores de ET_o são obtidos nas estações primavera e verão, independentemente do método de estimativa. Nessas estações também é observada maior variabilidade nos valores de ET_o.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith; Hargreaves-Samani; Radiação solar.

EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION BY SEASONS OF THE YEAR IN VILHENA - RO

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the reference evapotranspiration (ET_o) estimated by the methodologies proposed by Hargreaves-Samani and Penman-Monteith-FAO in the different seasons of the year for the municipality of Vilhena, Rondônia. The period evaluated was from September 2013 to September 2014. The Hargreaves-Samani (HS) and Penman-Monteith (PM) models were used to calculate the ET_o values, considered the standard ET_o estimation method PM. The ET_o values were separated by season (spring, summer, autumn and winter) and compared to each other. ET_o values estimated by PM ranged from 1.21 mm d⁻¹ (summer) to 6.42 mm d⁻¹ (spring). ET_o values estimated by HS ranged from 2.07 mm d⁻¹ (autumn) to 6.08 mm d⁻¹ (spring). Higher ET_o values are obtained in the spring and summer seasons, regardless of the estimation method. At these stations, higher variability in ET_o values is also observed.

KEY-WORDS: Penman-Monteith; Hargreaves-Samani; Solar radiation.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo (rios, lagos, etc) e da transpiração das plantas. Ela é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pela provisão de água do solo às plantas (Allen et al., 1998). Sendo a evapotranspiração muito influenciada pelo saldo de radiação, desde que haja chuvas quanto maior a quantidade de energia solar maior será a evapotranspiração (Fietz & Fisch, 2009).

Além disso, sabe-se que diversas atividades, dentre essas a agricultura é influenciada pelas condições climáticas (Roldão & Assunção, 2012). Portanto, informações quantitativas da evapotranspiração de referência (ET_o) são de grande importância para a estimativa de zoneamento hídrico para as culturas de interesse (Blain et al., 2009) e também para avaliação da severidade, distribuição e frequência dos déficits hídricos, elaboração de projetos e manejo de sistemas de irrigação e drenagem (Henrique & Dantas, 2007).

Para se calcular a ET_o são considerados alguns fatores como demanda atmosférica, disponibilidade de água do solo e características da planta, podendo ser utilizadas técnicas diretas, como o lisímetro ou indiretas, por meio de modelos físico-matemáticos de estimativa (Alves Sobrinho et al., 2011). Dentre os métodos indiretos para estimativa da ET_o, a equação de Penman-Monteith foi proposta como método padrão (Boletim 56 da FAO), por possuir uma equação mais completa, em relação aos outros métodos, pois envolve todas as variáveis meteorológicas no cálculo e se aproxima da evapotranspiração do padrão grama (Allen et al., 1998).

Para o Estado de Rondônia não são encontradas informações detalhadas quanto à variação da evapotranspiração e, sendo que a ET_o pode ser influenciada pela variabilidade dos elementos meteorológicos ao longo do ano e que no Estado as estações do ano não são bem definidas, necessita-se caracterizar a ET_o nas localidades de Rondônia.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste estudo, o objetivo foi avaliar o efeito da estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Vilhena - RO usando os métodos de Hargreaves-Samani e de Penman-Monteith-FAO (método padrão).

MATERIAIS E MÉTODOS

No Estado de Rondônia o clima predominante é do tipo Am segundo a classificação climática de Köppen, com médias anuais de precipitação variando de 1.900 a 2.200 mm e de temperatura oscilando de 24 a 26°C na maioria do Estado, sendo que no extremo norte a temperatura supera os 26°C (Alvares et al., 2013).

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica automática Vilhena-A938 (código OMM: 86642) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada na cidade de Vilhena (12°44'05"S, 60°09'28"W), sul do Estado de Rondônia. A altitude da localidade é de 583 m e a série de dados utilizada compreendeu o período de setembro de 2013 a setembro de 2014, caracterizando as estações do ano primavera (setembro a dezembro de 2013), verão (dezembro de 2013 a março de 2014), outono (março a junho de 2014) e inverno (junho a setembro de 2014).

Os valores de evapotranspiração diária (ET_o) para cada estação do ano foram estimados pelos métodos Penman-Monteith-FAO - PM (Allen et al., 1998) e Hargreaves-Samani - HS (Hargreaves-Samani, 1982) utilizando-se planilha eletrônica no Microsoft Excel. O modelo de Penman-Monteith-FAO, obtido através de diversas parametrizações, para estimar a evapotranspiração de referência (ET_oPM) foi descrito conforme a equação:

$$ET_{oPM} = \frac{\left(0,408 \cdot \Delta (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{méd} + 273} \cdot u_2 (e_s - e_a)\right)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 \cdot u_2)}$$

em que: R_n é a radiação líquida na superfície da planta (MJ m⁻² d⁻¹); G é a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹); T_{méd} é a temperatura média do ar a 2 m de altura (°C); u₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa), obtida pela média entre e^o(T_{máx}) e e^o(T_{mín}); e_a é a pressão atual de vapor (kPa); Δ é a declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹); γ é a constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); e 0,408 é o fator de conversão para o termo (R_n-G), de MJ m⁻² d⁻¹ para mm d⁻¹.

O modelo de Hargreaves & Samani (1982) para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_oHS) foi expresso como:

$$ET_{o}HS = 0,0023 * R_o * (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} * (T_{méd} + 17,8)$$

em que ET_oHS é a evapotranspiração de referência (mm d⁻¹) estimada pelo método de Hargreaves & Samani; T_{méd} é a temperatura média do ar em °C; T_{máx} e T_{mín} são as temperaturas máxima e mínima em °C, respectivamente, medidas em 24 horas; R_o é a radiação solar extraterrestre, em MJ m⁻² d⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de evapotranspiração de referência (ET_o) estimados por ambos os modelos possuem alta variabilidade entre estações e dentro de cada estação, considerando o período avaliado (Quadro 1). Os menores valores mínimos de ET_o foram obtidos a partir da equação padrão da FAO (PM) em todas as estações do ano. De outra maneira, os valores mínimos de ET_o estimados pelo modelo de Hargreaves-Samani foram menores nas estações outono e inverno. Possivelmente, os menores valores mínimos de ET_o estimados pelo método PM estão relacionados à maior sensibilidade desse modelo na descrição do processo evapotranspirométrico.

Quadro 1: Valores de evapotranspiração de referência estimados com os modelos de Penman-Monteith-FAO (ET_oPM) e Hargreaves-Samani (ET_oHS) nas diferentes estações do ano no município de Vilhena - RO, de setembro de 2013 a setembro de 2014.

	Evapotranspiração de referência (mm d ⁻¹)*							
	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
	ET _o PM	ET _o HS	ET _o PM	ET _o HS	ET _o PM	ET _o HS	ET _o PM	ET _o HS
Mín.	1,56	3,52	1,21	2,52	1,85	2,07	1,64	2,46
Máx.	6,42	6,08	6,37	5,82	4,36	4,48	5,45	5,45
Méd.	3,99	4,80	3,79	4,17	3,11	3,27	3,54	3,86

*Mín.; Máx.; Méd.; são a evapotranspiração mínima, máxima, média por estação do ano.

Além disso, o modelo de HS tende a superestimar a ET_o, pois esse modelo foi desenvolvido para regiões com clima semiárido e/ou árido e, quando aplicado às regiões de clima tropical (presente estudo) a acurácia da estimativa consequentemente é menor.

Durante o período avaliado, os valores máximos da ET_o foram obtidos a partir do modelo de Penman-Monteith-FAO nas estações primavera e verão. Por outro lado, nas estações outono a ET_o máxima quantificada pelo modelo de Hargreaves-Samani foi maior que a ET_o quantificada pelo método PM. Na estação inverno, os valores de ET_o máximos quantificados por PM e HS foram iguais.

Os valores diários da ET_o calculada pelo método de HS na primavera e no verão se assemelham aos obtidos no método padrão (PM), embora ligeiramente maiores, principalmente na estação primavera (Figura 1).

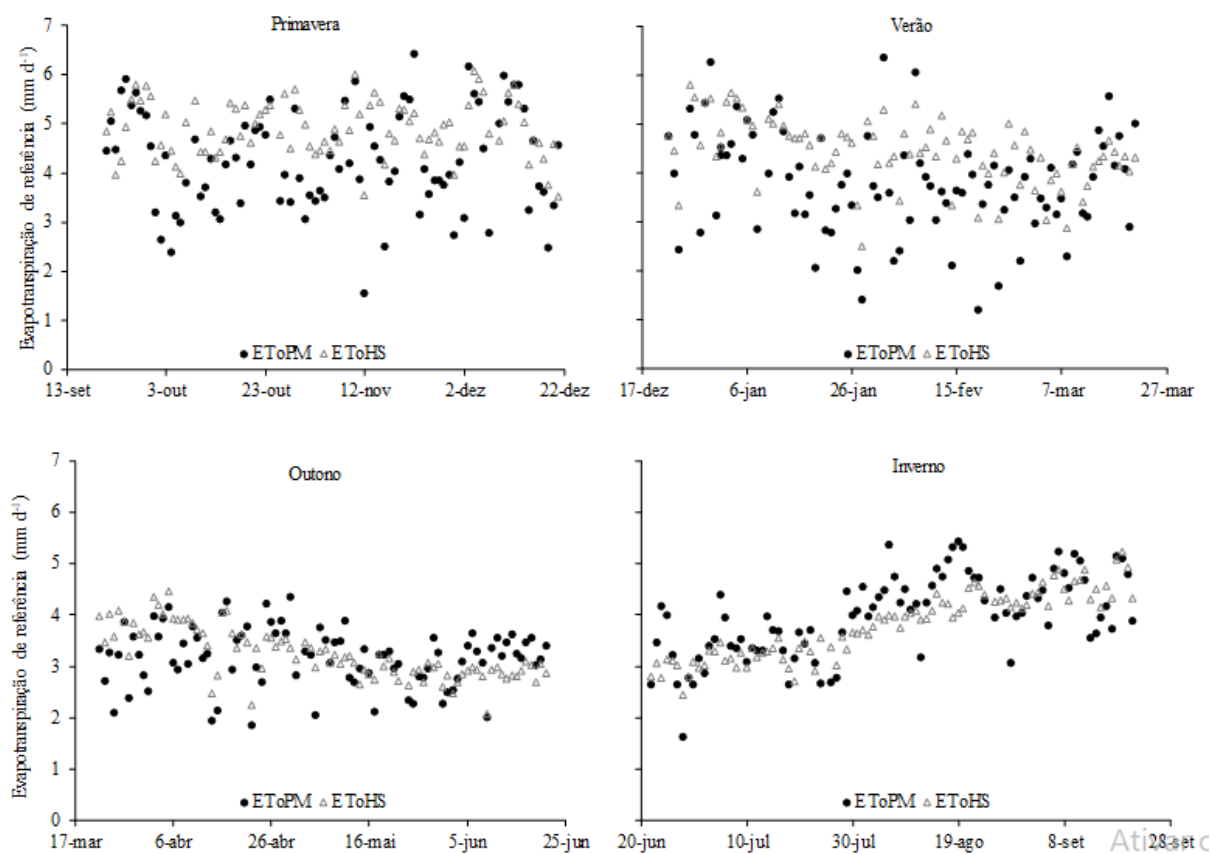


Figura 1: Evapotranspiração de referência estimada pelos modelos de Penman-Monteith-FAO (EToPM) e Hargreaves-Samani (EToHS) na primavera (setembro a dezembro de 2013), verão (dezembro de 2013 a março de 2014), outono (março a junho de 2014) e inverno (junho a setembro de 2014), para a localidade de Vilhena - RO.

Nas estações outono e inverno, ocorreu menor variação dos valores de ETo estimados por ambos modelos, principalmente para a EToHS, pois nessas estações do ano a amplitude térmica e a disponibilidade de radiação é menor e o modelo de Hargreaves-Samani depende sobretudo desses dois fatores. Durante o outono, final do período chuvoso há diminuição da radiação incidente e, conseqüentemente os valores da ETo diminuem (Silva et al., 2011). Considerando que no modelo de Penman-Monteith-FAO são requeridos diversos elementos meteorológicos, é de esperar maior variabilidade da ETo. Ainda com relação ao inverno, constata-se aumento dos valores de ETo o início ao final dessa estação do ano.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Em comparação ao modelo de Penman-Monteith-FAO, o modelo de Hargreaves-Samani superestima os valores da evapotranspiração de referência, principalmente nas estações primavera e verão.

Maiores valores de evapotranspiração de referência são obtidos nas épocas de primavera e verão.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização dos dados meteorológicos e ao Instituto Federal de Rondônia (IFRO) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO: Irrigation and Drainage, Paper 56, Roma, 297p, 1998.

ALVES SOBRINHO, T.; RODRIGUES, D.B.B.; OLIVEIRA, P.T.S. de; REBUCCI, L.C.S.; PERTUSSATTI, C.A. Estimativa da evapotranspiração de referência através de redes neurais artificiais. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, p.197-203, 2011.

BLAIN, G.C.; KAYANO, M.T.; SENTELHAS, P.C.; LULU, J. Variabilidade sazonal da evapotranspiração relativa em Campinas (SP): caracterização climática e análise de tendências. Bragantia, v.68, p.545-553, 2009.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.449-453, 2009.

HARGREAVES, G.H.; Z.A. SAMANI. Estimating potential evapotranspiration. Journal of the Irrigation and Drainage Division, v.108, p. 223-230, 1982.

HENRIQUE, F.A.N.; DANTAS, R.T. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.594-599, 2007.

ROLDÃO, A.F.; ASSUNÇÃO, W.L. Caracterização e duração das estações seca e chuvosa no Triângulo Mineiro - MG. Revista Geonorte, Edição Especial 2, v.1, p.428 - 440, 2012.

SILVA, V.J.; CARVALHO, H.P.; SILVA, C.R.; CAMARGO, R.; TEODORO, R.E.F. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. Bioscience Journal, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.

CONTRIBUIÇÃO DOS TERMOS RADIATIVOS E AERODINÂMICOS NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ITAITUBA-PA E SALINÓPOLIS-PA

Bruno Gama Ferreira¹; Larissa Ranielle da Silva Parente¹; Gabriel Ito dos Santos Teixeira¹; Denilson Barreto da Luz¹; Deborah Luciany Pires Costa¹
Autor para correspondência: *bruno12014ferreira@gmail.com*

¹Universidade Federal Rural da Amazônia; ²Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

RESUMO

A evapotranspiração de referência (ET_0), segundo o método de Penman, é determinada pela intensidade do fator radiativo e dos fatores aerodinâmicos. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a contribuição dos termos radiativos e aerodinâmicos para os municípios de Itaituba-PA e Salinópolis-PA no ano de 2016. Os dados climáticos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia para o ano de 2016. A ET_0 foi calculada de acordo com o método de Penman e classificada quanto ao período seco (Julho a Dezembro) e o período chuvoso (Janeiro a Junho). O termo radiativo mostrou-se superior em todos os meses em Itaituba e inferior (com exceção dos meses de Janeiro e Dezembro) no município de Salinópolis. Ambos municípios Paraenses diferenciaram-se entre si na contribuição dos termos radiativos e aerodinâmicos, o que pode indicar influência significativa dos fatores climáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Demanda hídrica; Clima; Condições aerodinâmicas

CONTRIBUTION OF RADIATIVE AND AERODYNAMIC TERMS IN EVAPOTRANSPIRATION IN ITAITUBA-PA AND SALINÓPOLIS-PA

ABSTRACT

The reference evapotranspiration (ET_0), according to the Penman method, is determined by the intensity of the radiative factor and the aerodynamic factors. The objective of this work was to characterize the contribution of radiative and aerodynamic terms to the municipalities of Itaituba-PA and Salinópolis-PA in 2016. Climatic data were obtained from the National Institute of Meteorology for the year 2016. ET_0 was calculated according to the Penman method and classified for the dry season (July to December) and the rainy season (January to June). The radiative term was higher in all months in Itaituba and lower (with the exception of January and December) in the municipality of Salinópolis. Both municipalities differed among themselves in the contribution of the terms Radiative and aerodynamic which may indicate significant influence of the climatic factors.

KEY-WORDS: Water demand; Climate; Aerodynamic conditions

INTRODUÇÃO

A determinação da quantidade de água necessária para as culturas agrícolas é um dos principais parâmetros para o planejamento correto, dimensionamento e manejo na agricultura, para tanto é necessário o conhecimento sobre os processos físicos de evaporação simultâneos que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera (MEDEIROS, 2008).

Assim, surgiu o conceito de evapotranspiração, considerou-se inicialmente para estudos uma área de extensa superfície natural, totalmente coberta por vegetação baixa, com altura uniforme, com elevado índice de área foliar, de crescimento ativo e já na fase adulta, com teor de água do solo próximo ou na capacidade de campo, com a quantidade de água perdida para a atmosfera por unidade de área e tempo é conhecida como evapotranspiração de referência (ET_0) (DE ALENCAR et al., 2015).

Este conceito foi introduzido por Thornthwaite em 1944 e aperfeiçoado por Penman em 1948. O método de Penman (1948) foi o primeiro método indireto que combinou os efeitos do balanço de energia (Radiativos) com o poder evaporante do ar (Aerodinâmicos) e, é denominado por essa razão de método combinado (KOBAYAMA, 2006). PEREIRA et al. (1997) dizem que ele é baseado em princípios físicos corretos. Apesar de não ser operacionalmente perfeito e correto, ele é considerado, por muitos, como modelo padrão, ou seja, é a melhor opção para estimar a ET_0 (TUCCI e BELTRAME, 2000).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a contribuição dos termos radiativos e aerodinâmicos para as taxas de ET_0 estimados pelo método de Penman nos municípios de Itaituba-PA e Salinópolis-PA, ano de 2016.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os municípios avaliados foram Itaituba e Salinópolis, ambos localizados no Sudoeste do estado do Pará. O clima de Itaituba (04°16'34" S; 55°59'01"O) é característico de monções, quente e úmido (do tipo Am na classificação climática de Köppen, com temperatura superior a 18 °C em todos os meses do ano e chuvas abundantes durante a maior parte do ano, com uma pequena estação seca. Salinópolis (00°36'49"S; 47°21'22"O), está sujeita aos tipos climáticos da classe A (Awi e Ami), segundo a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual de Salinópolis- PA, é da ordem de 26°C, variando entre 25,3°C (março) e 28, °C (outubro).

Os dados climáticos avaliados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para ambos os locais foi considerado os 6 primeiros meses do ano período chuvoso e os últimos 6 meses como período seco.

Foi calculado o Déficit de pressão de vapor (DPV) segundo a metodologia de Tetens (1930). A evapotranspiração foi estimada pelo método de Penman (1948) (Equação 1).

$$ET_0 = \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \times \frac{A}{\lambda} + \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right) \times E_a \quad \text{Eq. (11)}$$

Em que, ET = Evapotranspiração (mm d^{-1}); A = Saldo de radiação $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$; $\gamma = 0,062$; $\lambda = 2,45 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

E o Poder evaporante do ar (E_a), estimado pela equação 2.

$$E_a = f(U) \times DPV \quad \text{Eq. (12)}$$

Em que, $f(U)$ é função em pécrica da velocidade do vento (U_2), dado em m s^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tar média do ano de 2016 para município de Itaituba foi de 27,35°C ($\pm 0,77$), com máxima de 28,59 °C (Setembro) e mínima de 26,53 °C (Março). O DPV médio foi de 1,19 kPa ($\pm 0,26$), variando de 0,89 kPa e 1,60 kPa, nos mesmos meses de amplitude da Tar. O saldo de radiação (R_n) médio foi de 12,07 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ($\pm 0,83$), apresentando variação de 10,72 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (maio) e 13,46 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (setembro). A velocidade do

vento (U_2) média foi de $0,91 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,14$), com amplitude de $0,70$ e $1,11 \text{ m s}^{-1}$, nos meses de julho e outubro, respectivamente.

Em Salinópolis, a Tar média em 2016 foi de $27,57^\circ\text{C}$ ($\pm 7,96$), com amplitude de $26,88$ e $28,33^\circ\text{C}$ nos meses de abril e novembro, respectivamente. O DPV médio foi de $1,19 \text{ kPa}$ ($\pm 0,43$), variando entre $0,89 \text{ kPa}$ (março) e $1,59 \text{ kPa}$ (outubro). O Rn médio foi de $11,56 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($\pm 3,48$), atingindo mínimo de $10,44 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ no mês abril e máximo de $13,21 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ em setembro. A U_2 média foi de $2,66 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,67$), variando de $1,81$ a $3,64 \text{ m s}^{-1}$ nos meses maio e setembro, respectivamente.

Em Itaituba, a ET_0 média anual foi de $134,61 \text{ mm mês}^{-1}$ ($\pm 37,90$), atingindo valor mínimo no mês de $56,64 \text{ mm mês}^{-1}$ no mês de janeiro, e máximo de $173,26 \text{ mm mês}^{-1}$ no mês de outubro. Já em Salinópolis, a média anual foi de $84,36$ ($\pm 25,14$), apresentando amplitude de $59,68 \text{ mm mês}^{-1}$ no mês de abril e $146,22 \text{ mm mês}^{-1}$ no mês de dezembro (Figura 1 a).

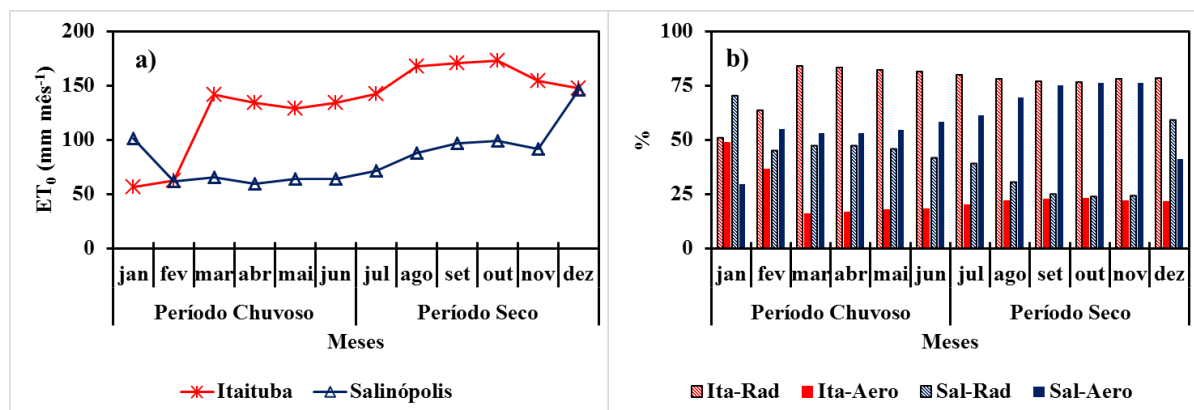


Figura 1: Em (a): Evapotranspiração estimada pelo método de Penman nos municípios de Itaituba e Salinópolis no ano de 2016.; em (b): Participação do total da radiação e dos processos aerodinâmicos na estimativa de ET_0 nos municípios de Itaituba e Salinópolis no ano de 2016.

Quanto a participação dos termos radiativos e aerodinâmicos nos valores encontrados pela estimativa de ET_0 , em Itaituba, a contribuição da radiação foi superior que aerodinâmica em todos os meses do ano. Em contrapartida, em Salinópolis, o cenário foi inverso, a participação dos processos aerodinâmicos que contribuíram mais para os valores de ET_0 , exceto nos meses de janeiro e dezembro, os quais a radiação apresentou maior contribuição (Figura 1b).

Tal diferença de contribuição é explicada pela maior velocidade do vento em Salinópolis que em Itaituba, condição que é principalmente, influenciada pelos fatores climáticos continentalidade e relevo. A U_2 é um dos principais componentes do poder evaporante do ar (E_a), condicionando a atmosfera a ter fluxo de massa em maior quantidade, e assim atuando em maior grau nos processos aerodinâmicos (HARGREAVES, 1994). Para TABARI (2013), em climas úmidos, espera-se que a correlação entre ET_0 e Rn seja maior, visto que normalmente a contribuição do termo aerodinâmico e da advecção é menor nessas condições do que em climas secos.

Segundo CARDOSO (2014), o termo radiativo exerce uma maior contribuição que o termo aerodinâmico, na determinação do ciclo dominante da evapotranspiração, devido a magnitude do saldo de radiação tem maior influência do que a ação conjunta do déficit de pressão de vapor e da velocidade do vento, na troca de fluxos de calor latente entre a superfície evaporante e a atmosfera. JUSTINO (2013) ainda ressalta que no litoral do Norte e Nordeste, os valores máximos do termo aerodinâmico ocorrem nos meses de agosto, setembro e outubro, devido aos ventos alísios do sudeste, juntamente com as brisas marítimas oriundas do contraste térmico entre o oceano e o continente.

FLUGMAM (2010) obteve para região de Dourado (MS), no mês de elevada radiação (Janeiro) o termo radiativo contribuindo com 80,3% da ET_0 e o Aerodinâmico 19,7%. No mês de elevada velocidade do vento (Agosto) o autor observou o termo aerodinâmico contribuindo 47,8% da ET_0 e o Radiativo 52%.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O percentual de contribuição do termo radiativo é superior em todos os meses para o município de Itaituba. Já no município de Salinópolis o termo Radiativo foi inferior ao aerodinâmico em todo período avaliado, exceto nos meses de Janeiro e Dezembro. Essa diferença pode ser explicada pela influência da continentalidade e do relevo sob Salinópolis.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARDOSO, GERALDO MAGELA; JUSTINO, FLÁVIO. Simulação dos componentes da evapotranspiração sob condições climáticas atuais e de cenários climáticos futuros de aquecimento global com o uso de modelos de clima-vegetação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 85-95, 2014

DE ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀ padrão FAO), para Minas Gerais, na ausência de alguns dados climáticos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.39-50, 2015.

FLUMIGNAN, Danilton Luiz et al. Evapotranspiração de referência e contribuição dos termos radiativo e aerodinâmico na Região de Dourados, MS. In: **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20; SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5, 2017, Juazeiro. A agrometeorologia na solução de problemas multiescala: anais. Petrolina: Embrapa Semiárido: Univasf, 2017., 2017.

HARGREAVES, G. H. Defining and using reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, p.1132-1139, 1994.

JUSTINO, Flávio et al. ESTIMATIVA DOS COMPONENTES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO SOB CONDIÇÕES CLIMÁTICAS ATUAIS E FUTURAS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, 2013.

KOBIYAMA, Masato; VESTENA, Leandro Redin. Aplicação do método de Penman Modificado no cálculo da evapotranspiração potencial para quatro estações meteorológicas do estado do Paraná. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 8, n. 1, p. 83-97, 2006.

MEDEIROS, P.V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empírico-teóricas com base na equação de Penman-Monteith**. 2008. 241 f. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração Hidráulica e Saneamento) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SP, 2008.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A. e SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1977. 183p.

TABARI, H.; GRISMER, M.E.; TRAJKOVIC, S. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 31, n. 2, p. 107- 117, 2013.

TUCCI, C. E. M. e BELTRAME, L. F. S. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000. p. 253-287.

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE EXTINÇÃO LUMINOSA DO CAJUZINHO-DO-CERRADO

Pedro Henrique Magalhaes de Souza¹; Maraiza Lima Costa¹; Ana Laura Pereira Souza²; Danielle Fabiola Pereira da Silva³; Hildeu Ferreira da Assunção³
Autor para correspondência: pedrromagalhaes@gmail.com

¹Discentes de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí. Jataí Goiás;

²Discente de Agronomia da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí. Jataí Goiás; ³Professores de Agronomia na Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí. Jataí Goiás

RESUMO

O *Anacardium humile* A. St.-Hil, é distribuído em vários estados onde a bioma cerrado se encontra, seus frutos são chamados como cajuzinho-do-campo, cajuzinho-do-cerrado ou cajuí. O estudo do coeficiente de extinção luminosa (K) está correlato ao ângulo de inclinação das folhas, como as folhas estão dispostas, juntos ao índice de área foliar (IAF) indicando uma relação de quanto às plantas receberam de radiação. Dessa forma esse estudo teve como objetivo de determinar o coeficiente de extinção luminosa do cajuzinho do cerrado (*Anacardium humile* A. St-Hill). Para a obtenção do coeficiente de transmissividade foi medido a radiação fotossinteticamente ativa, sobre e sob o dossel da cultura, utilizando-se de um sensor linear LICOR, modelo LI-191, em 15 plantas onde estimou-se o Índice de Área foliar (IAF) sobre e sob o dossel usando o aparelho medidor de área foliar. modelo LI- 3100. Conclui-se que o coeficiente de extinção luminosa foi - 0,261 devido a arquitetura foliar, disposição das folhas e o formato da copa variando de planta por planta no aproveitamento da radiação solar pela cultura. A redução da área foliar na copa foi consequência do aumento da incidência da radiação solar, ocorrendo a redução exponencial da eficiência da interceptação da radiação solar.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de área foliar; Cerrado; Luminosidade

DETERMINATION LIGHT EXTINCTION COEFFICIENT IN CAJUZINHO DO CERRADO

ABSTRACT

The *Anacardium humile* A. St.-Hil, is distributed in several states where the Cerrado biome is found, its fruits are called cajuzinho-do-campo, cajuzinho-do-cerrado or cajuí. The study of the coefficient light extinction (K) correlates to the angle of inclination in the leaves, as the leaves are arranged, together with the leaf area index (IAF) indicating a relation of how much plants received radiation. Thus, this study aimed to determine the light extinction coefficient of the cerrado cashew (*Anacardium humile* A. St-Hill). To obtain the transmissivity coefficient, photosynthetically active radiation was measured over and under the canopy using a LICOR linear sensor, model LI-191, in 15 plants where the leaf area index (IAF) was estimated.) over and under the canopy using the leaf area meter. model LI- 3100. It was concluded that the light extinction coefficient was - 0.261 due to the leaf architecture, leaf arrangement and canopy shape, varying from plant to plant in the use of solar radiation by the crop. The reduction in leaf area in the crown was a consequence of the increased incidence of solar radiation, with the exponential reduction in the efficiency of solar radiation interception.

KEY-WORDS: Leaf area index; Cerrado; luminosity

INTRODUÇÃO

O *Anacardium humile* A. St.-Hil., é distribuído em todo o bioma Cerrados sendo presente em alguns estados, seus frutos são chamados de cajuzinho-do-campo, cajuzinho-do-cerrado ou cajuí (SILVA-LUZ & PIRANI, 2010) Sendo fonte de alimentação e uso para fármacos pelos produtores, existe uma grande dificuldade e carência de informações sobre essa cultura, sendo importante novos estudos para manter a sua biodiversidade de ocorrência natural. É importante que se entenda a melhor forma que processos ecofisiológicos ocorrem nas plantas, para estimar a sua produção, o seu tempo pós-colheita assim podendo caracterizar as diversas culturas (PEREIRA et al., 2019).

Devido a isso é importante entender alguns modelos agrometeorológicos e de simulação de cultivos estão sendo desenvolvidos (CARDOSO et al, 2010). Os métodos diretos para determinar o índice de área foliar (IAF) são difíceis de serem utilizados, pois tem um trabalho oneroso e a destruição de uma grande parte da vegetação, a qual deve ser reduzida para não alterar biodiversidade local. Neste sentido, os métodos indiretos, são determinados na medida que a radiação solar penetra no interior da vegetação sem afetar as plantas nativas são geralmente os mais utilizados (PILAU et al., 2015).

A eficiência da interceptação e a absorção da radiação fotossintética ativa está relacionada com o índice da área foliar, representando assim a arquitetura foliar do dossel (MOREIRA, 2005) Para os métodos a serem estudados para o IAF são o utilizados os aplicativos e o estudo do coeficiente de extinção luminosa (K) (OTOMAR et al, 2012) está relacionado ao ângulo de inserção das folhas, como as folhas estão dispostas, juntos ao índice de área foliar (IAF) indicando uma relação quanto as plantas receberam a radiação. (CARDOSO et al., 2010), depende da área foliar como do ângulo de inclinação em relação ao Sol, apresentando, assim, uma variação elevada ligadas as plantas e o horário do dia que são analisadas. e sua arquitetura foliar presente no dossel (PILAU et al., 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Estimar o Índice de Área foliar (IAF) e coeficiente de extinção luminosa do cajuzinho-do-cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido utilizando cajuzinhos-do-cerrado obtidos da coleção Biológica “ex situ” de *Anacardium humile* A. St.-Hil, no campo de Recursos Genéticos da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí. A área experimental tem classificação climática tropical de savana (Aw), com período chuvoso de outubro a abril e seco de maio a setembro. A temperatura média anual entre 21° e 23°C e a média anual pluviométrica de 1700 mm.

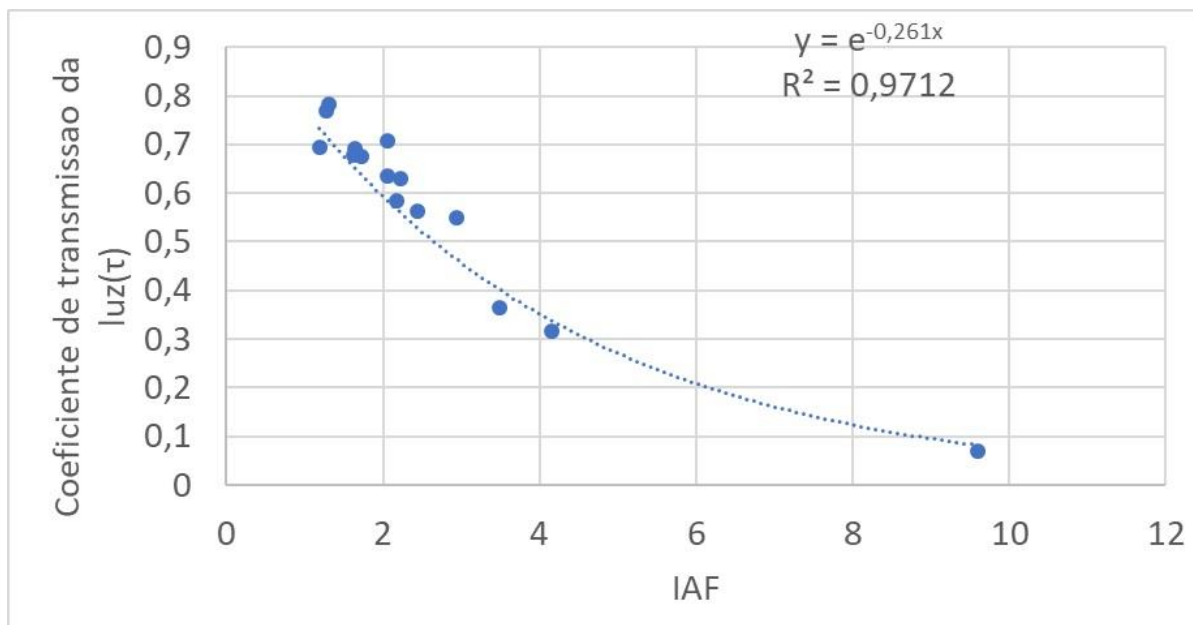
Para a obtenção do coeficiente de transmissividade foi medido a radiação fotossinteticamente ativa, sobre e sob o dossel da cultura, utilizando-se um sensor linear LICOR, (modelo LI-191), em 15 plantas onde estimou-se também o Índice de Área foliar (IAF) sobre e sob o dossel, usando o aparelho medidor de área foliar .modelo LI – 3100.

As leituras foram feitas em torno de 12:00 horas, sob céu claro, aferindo-se a intensidade luminosa acima do dossel (I_0) e sob a base do dossel (I). A transmissibilidade luminosa foi calculada como: $(I_0-I)/I_0$. Com os dados do IAF e a interceptação luminosa, o coeficiente de extinção luminosa (k), conforme descrito por Sheehy & Cooper (1973) como $k = [\ln (I/I_0)] / -IAF$, onde I e I_0 são os valores da irradiância abaixo e acima do dossel, respectivamente

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para o IAF variaram entre 1,19 a 9,59 e os valores da luz transmitida dentro do dossel variaram de 0,55 a 1,01 $\mu E/m^2.s^{-1}$. O coeficiente de extinção encontrado para cajuzinho do Cerrado foi de $k=-0,261$ conforme apresentados na figura 1.

Após uma última desfolha que eliminou totalmente a folhagem (IAF = 0), foi possível quantificar isoladamente a interceptação da radiação solar apenas por tronco e galhos. A variação da eficiência de interceptação (ϵ) em função do índice de área foliar do cajuzinho, incluindo-se medidas com IAF, mostrou um ajuste exponencial das variáveis testadas, evidenciando o ajuste estatístico alcançados para esse cultivo.



Estimativa de Area foliar e Coeficiente de luz transmitida

O coeficiente de extinção luminosa k (Figura 1) para a estimar o valor de K proporcionou os resultados satisfatórios, obtendo um índice satisfatório devido a interceptação dos raios solares devido o formato da copa do cajuzinho. Sendo resultados melhores do que foram apresentados por proposta de estimativa K Angelocci et al. (2008) para cafeeiros. O modelo de interceptação da radiação solar em função da folhagem da copa (IAF) assemelha-se com o obtido também para uma árvore isolada de palma (AWAL et al., 2005).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A redução foliar na copa, foi consequência do aumento da incidência da radiação solar, E esta relacionada a redução exponencial da eficiência da interceptação da radiação solar. coeficiente de extinção para culturas arbóreas e anuais, é devido a morfologia das folhas, formato da copa e o tamanho dessas culturas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANGELOCCI, L. R., MARIN, F. R., PILAU, F. G., RIGHI, E. Z., & FAVARIN, J. L Radiation balance of coffee breake hedgerows. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 274 281, 2008

AWAL, M. A., ISMAIL, W. I. W., HARUN, M. H., & ENDAN, J. Methodology and measurement of radiation interception by quantum sensor of the oil palm plantation. **Warasan Songkhla Nakharin (Sakha Witthayasat lae Technology)**, 2005.

CARDOSO, L. S., BERGAMASCHI, H., COMIRAN, F., CHAVARRIA, G., MARODIN, G. A. B., DALMAGO, G. A., ... & MANDELLI, F. Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2010.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. UFV, 2005.

OTOMAR CARON, B., QUEIRÓZ DE SOUZA, V., CORRÊA COSTA, E., ELOY, E., BEHLING, A., & TREVISAN, R. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, 2012

PEREIRA, L. D., SILVA, D. F., REIS, E. F., PINTO, J. F., ASSUNÇÃO, H. F., MACHADO, C. G., ... & COSTA, C. H. Characterization of Bushy Cashew (*Anacardium humile* A. St.-Hil.) in the State of Goiás, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, 2019.

PILAU, F.G ; ANGELOCCI, L.R. Leaf area and solar radiation interception by orange tree top. *Bragantia*, n. **AHEAD**, p. 0-0, 2015.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. **Anacardiaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:. Acesso em: 10 jun 2019.

UTILIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO PARA A CIDADE DE POÇO VERDE, SEMIÁRIDO SERGIPANO.

Maisa Silva Menezes¹; Anderson Eduardo dos Santos¹; João Marcos de Jesus Sales¹; Antenor Oliveira de Aguiar Neto¹; Joabe Santos Sousa Peixoto¹
Autor para correspondência: maisa.menezes.xd@outlook.com

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo utilizar o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) como ferramenta para o planejamento agropecuário para a cidade de Poço Verde, Sergipe. A metodologia utilizada para o cálculo do BHC foi o qual leva em consideração o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD) e utilizada os valores médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica para o período de 1961 ao ano de 2018 fornecidos pela estação climatológica localizada na cidade. Os resultados mostraram que a deficiência anual total foi de 629,4mm. Sendo que em anos com condições favoráveis o período de excesso para os meses entre início de maio a fim de julho. Afetando assim, negativamente o desenvolvimento das culturas e para atender as necessidades. Podemos concluir, então, que a região necessita de irrigação complementar ao regime pluviométrico

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos; Déficit hídrico; Agricultura

USE OF THE WATER BALANCE IN AGRICULTURAL PLANNING FOR THE CITY OF WELL, SEMIÁRIDO SERGIPANO

ABSTRACT

This research aimed to use the Climatological Water Balance (BHC) as a tool for agricultural planning for the city of Poço Verde, Sergipe. The methodology used to calculate the BHC was to take into account the value of 100 mm for the available soil water capacity (ADC) and the monthly average values of temperature and rainfall for the period 1961 to 2018 provided by the weather station located in the city. The results showed that the total annual deficiency was 629.4 mm. Being that in years with favorable conditions the period of excess for the months between beginning of May to end of July. Affecting thus, negatively the development of cultures and to meet the needs. We can conclude, then, that the region needs additional irrigation to the pluviometric regime.

KEY-WORDS: Water resources; Water deficit; Agriculture

INTRODUÇÃO

A produção vegetal está diretamente relacionada ao teor de água no solo, entender essa dinâmica apresenta uma alta importância para qualquer tomada de decisão quando se trata de utilização do solo para plantio. Neste contexto, entender os principais fatores que afetam no movimento da água no solo é de suma importância e uma das melhores formas de fazê-lo é através do balanço hídrico (LIBARDI, 2000), e para executá-lo é preciso computar as entradas de água no solo via irrigação.

O balanço hídrico do solo depende sobretudo da capacidade da água da chuva ou irrigação para entrar no solo através do superfície e ser armazenado na reserva do solo. Outras considerações orçamentais incluem drenagem de água para fora da zona de raiz pelas forças da gravidade, escoamento de água que não entra na superfície, água perdida da superfície por evaporação e água absorvida pelas raízes das plantas e usada na transpiração. Simulação precisa do teor de água no solo não depende apenas da obtenção das taxas de cada solo. (OLIVEIRA, 1983).

Um dos principais fatores limitantes de produtividade agrícola no semiárido nordestino é a água, pois esta depende estritamente das condições climáticas, que no semiárido é extratadamente variável (REDDY, 1983). Isso faz com que em alguns anos as taxas de produtividades agrícolas sejam altas e em outros sejam baixas.

O balanço hídrico é uma das ferramentas mais utilizadas para amenizar este problema, pois esta permite com que o agricultor conheça a necessidade e a disponibilidade hídrica no solo no decorrer do ano. Ela permite ainda classificar o clima e a necessidade hídrica do solo, ajudando diretamente no manejo dos recursos hídricos. (LIMA e SANTOS, 2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Realizar o balanço hídrico na cidade de Poço Verde, Sergipe, como ferramenta para os planejamentos agropecuários para o período de 1961 ao ano de 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na região de Poço Verde, agreste de Sergipe, localizada a uma latitude 10°42'30" sul e a uma longitude 38°11'00" oeste, altitude de 268 metros. Sua população estimada é de 24 834 habitantes. Possui uma área de 380,7km². Hoje Poço Verde é a maior produtora de Feijão do Estado de Sergipe, sendo a 2º de milho no Estado (IBGE, 2012). O balanço hídrico climatológico foi realizado para o município de Poço Verde. A partir dos dados disponibilizados pela Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO) através do escritório local. Os balanços hídricos foram calculados em planilha EXCEL elaborada para tal finalidade por Rolim et al. (1998), o cálculo do balanço hídrico climatológico (BHC), foi adotado o método de Thornthwaite e Mather, o qual leva em consideração o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD) e utilizados os valores médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica para o período de 1961 ao ano de 2018 fornecidos pela Estação climatológica localizada na cidade. De acordo com a série histórica é possível avaliar o balanço hídrico de armazenamento, evapotranspiração, déficit e excedentes hídricos possibilitando avaliar a produtividade da safra semeada e elaborar projeções para safras futuras resultando em um projeto agropecuário como uma ferramenta de análise para tomada de decisões para o agricultor como forma se assegurar sua lucratividade evitando perdas e garantindo a colheita da lavoura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no balanço hídrico climático são exibidos na tabela 1 e nas Figuras de números 1 a 3, onde verifica-se a variabilidade climática anual e valores médios de temperatura (T), precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração potencial (ETP), NEG-AC = negativo-acumulado(NEG-AC), armazenamento de água no solo (ARM), evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Tabela 1: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961 a 2018.

Mês	T	P	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C media	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)

Jan	25.7	37.3	135.53	-98.2	-793.5	0.04	-0.06	37.4	98.2	0.0
Fev	25.9	42.4	124.24	-81.8	-875.3	0.02	-0.02	42.4	81.8	0.0
Mar	25.8	68.2	132.27	-64.1	-939.4	0.01	-0.01	68.2	64.1	0.0
Abr	24.8	75.7	111.51	-35.8	-975.2	0.01	0.00	75.7	35.8	0.0
Mai	23.3	85.7	93.64	-7.9	-983.1	0.01	0.00	85.7	7.9	0.0
Jun	22.1	78.8	75.79	3.0	-350.7	3.00	2.99	75.8	0.0	0.0
Jul	21.3	66.9	69.74	-2.9	-353.5	2.91	-0.09	66.9	2.8	0.0
Ago	21.3	46.8	70.48	-23.7	-377.2	2.30	-0.61	47.4	23.0	0.0
Set	22.6	27.6	83.42	-55.8	-433.1	1.32	-0.98	28.6	54.9	0.0
Out	24.2	21.9	108.14	-86.3	-519.3	0.56	-0.76	22.6	85.5	0.0
Nov	25.3	34.6	122.42	-87.8	-607.1	0.23	-0.32	34.9	87.5	0.0
Dez	25.5	43.3	131.43	-88.1	-695.3	0.10	-0.14	43.4	88.0	0.0
ANUAL	23,94	629.2	1258.61	-629.4		10	0,00	629.2	629.4	0.0

T = Temperatura; P = Precipitação; ETP = Evapotranspiração potencial; NEG-AC = negativo-acumulado; ARM = armazenamento; ALT = ARMatual – ARManterior; ETR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = excedente hídrico.

De acordo com a tabela 1, observa-se que os meses com temperaturas médias mensais mais elevadas são os de dezembro a março, com temperatura média mensal superior a 25°C e os meses mais frio são de junho a setembro com média térmica inferior a de 23 °C. A temperatura média anual encontrada para o município foi a de 23,94 °C, apresentando moderada variabilidade temporal. É possível observar no quadro a seguir a dinâmica do balanço hídrico deste município.

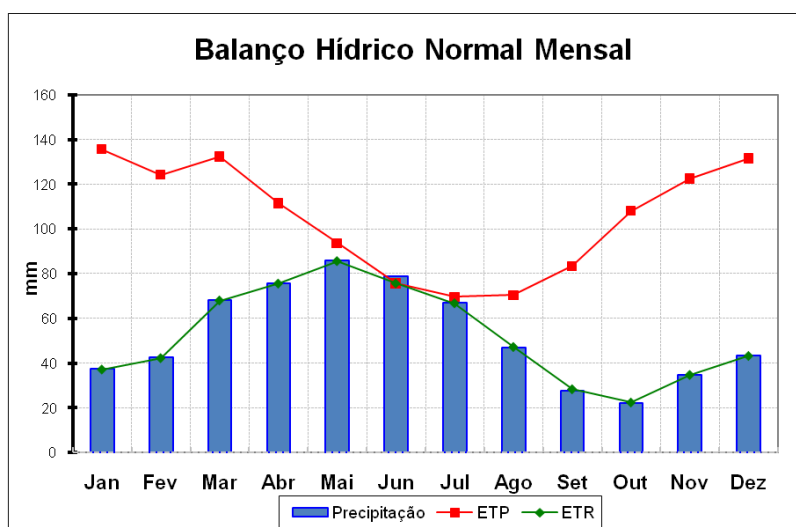


Figura 1. Gráfico do balanço hídrico para Poço Verde - SE. Método de Thornthwaite e Mather (1955), para o período de 1961 a 2018

Observaram-se duas estações bem definidas, uma chuvosa, que se estende ao longo dos meses de março a agosto, concentrando aproximadamente 67% do total acumulado, com índices de precipitação pluviométrica acima de 422 mm nestes meses, e a estação seca que ocorre entre os meses de setembro a fevereiro contribuindo com 33% da precipitação, em relação ao total (Figura 1). Nota-se durante o mês de junho que a evapotranspiração real e potencial coincidem, nas condições climatológicas observadas, logo a evaporação máxima foi atingida para o período, esse fator está relacionado a quantidade de água disponibilizada no solo pelos elevados volumes de chuvas nesse mês, Já nos outros meses do ano a evapotranspiração real é inferior à potencial, o que pode ser explicado pela elevada temperatura e baixa disponibilidade de água.

A evapotranspiração potencial (ETP) anual total foi de 1258.61mm, sendo que os meses com maiores e menores evapotranspiração potencial são janeiro e julho, com 135.53mm e 69,74 mm, respectivamente. Por outro lado, a evapotranspiração real (ETR) registrou um total anual de 629.2mm, apresentando maio como o mês com ETR mais elevado e o mais baixa em outubro. Os resultados apresentados para essa série histórica, observou-se déficit em todo o período este fator pode está relacionado à maiores quantidades de anos de seca presente na série histórica; sendo que em anos com condições favoráveis os período de excesso para os meses entre início de maio a fim de julho, é possível observar que diante dos anos avaliados foram apresentados anos relativamente com maiores meses com déficit hídrico. O extrato do balanço hídrico (DEF e EXC) na figura 2.

Na figura 3 é possível observar a deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano. De acordo com os dados obtidos no balanço hídrico climatológico janeiro a maio e de agosto a dezembro há registros de retirada de água no solo e conseqüentemente os déficits hídricos ocorreram nesses e a deficiência anual total foi de 629.4mm. Em relação aos períodos de deficiência hídrica, uma das alternativas para um bom planejamento agropecuário seria o uso da irrigação.

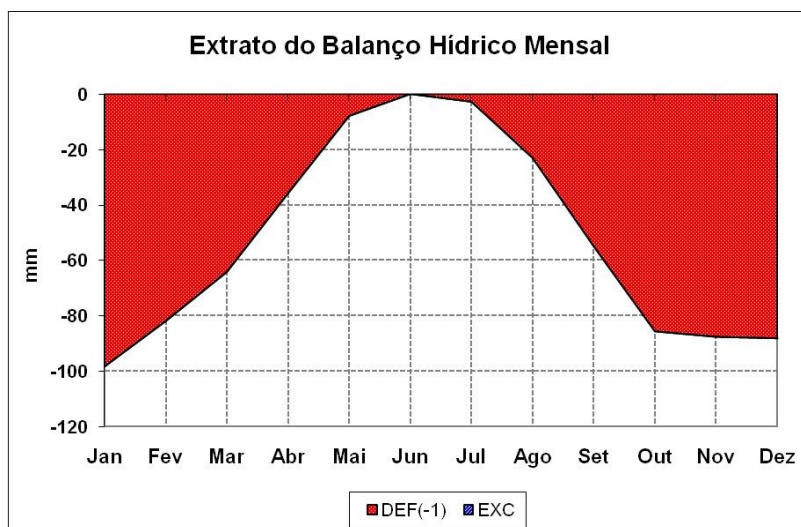


Figura 2. Deficiência hídrica e excedente hídrico de 1961 a 2018

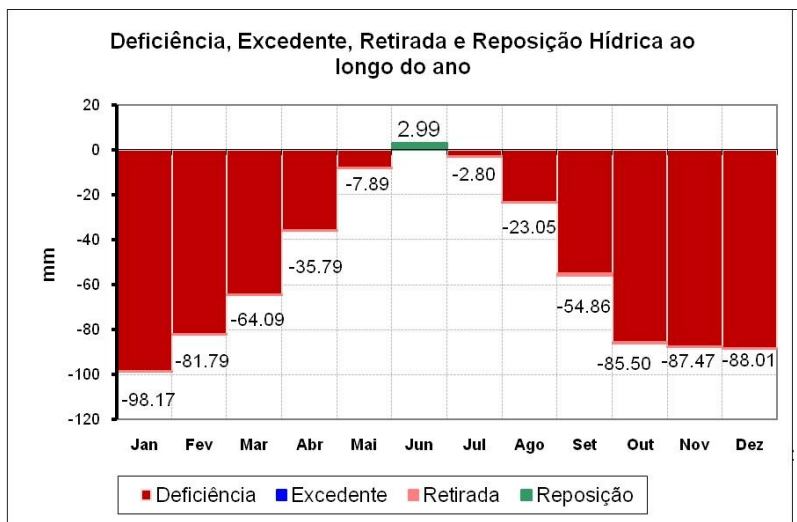


Figura 3. Extrato do balanço hídrico normal mensal, para o período de 1961 a 2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As precipitações totais anuais variam na média de 629,2mm para a estação avaliada. Não foi observado período de excedente hídrico quando utilizado a serie de dados completo, em anos de la nina ocorreu excedentes nos meses de junho-julho. Já em caso de anos secos que apresentam fenômeno ele nino os meses predominância de deficiência hídrica nossos estudos na no município é preliminar e propiciar a estudos futuros comparações e análises das variáveis climatológicas. A região necessita de irrigação complementar ao regime pluviométrico. A variabilidade pluviométrica analisada confirma – se que o trimestre mais chuvoso de maio a julho, apresenta distribuição sazonal das chuvas com duas estações climáticas bem definidas: chuvosa e seca

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Libardi, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba: O Autor, 2000, 509p.

REDDY, S.J. **Climatic classification: The semiarid tropics and its environment - A review**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 18, p.823-847, 1983.

LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. **Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo**. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

Censo Populacional 2013. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 29 de novembro de 2013. Consultado em 26 de maio de 2019.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology. Climatology, v.8, n.1. 1955. 104p.

MEDEIROS, R. M. **Planilhas eletrônicas do Excel para o cálculo do Balanço Hídrico Normal por THORNTHWAITE & MATHER**. 2013.

EFEITO DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM CV. DE UVA ISABEL PRECOCE (VITIS LABRUSCA L.)

Eloy Costa de Mattos¹; Nadja Tamires Borges Barbosa²; Laila Beatriz dos Santos Maciel³; Paulo Silas Oliveira da Silva⁴; Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior⁵
Autor para correspondência: eloymattos@hotmail.com

¹UFS, São Cristóvão, SE; ²UFS, São Cristóvão, SE; ³UFS, São Cristóvão, SE; ⁴UFS, São Cristóvão, SE; ⁵UFS, São Cristóvão, SE

RESUMO

A videira é uma planta geralmente encontrada em regiões de clima temperado, entretanto uma parte significativa do seu cultivo é em regiões de clima seco com a do Vale do São Francisco. Visto que essas regiões sofrem cada vez mais com o déficit hídrico e mudanças climáticas, foi avaliado o comportamento da videira Cv. Isabel Precoce sob diferentes lâminas de irrigação (33% da ETc, 66% da ETc e 100% da ETc). Para tal, foi aferido o potencial hídrico (Mpa), o conteúdo relativo de água- CRA (%) e a resistências protoplasmática. Os resultados evidenciaram que as plantas com lâmina de 33% da ETc estavam sentindo mais o efeito da restrição hídrica já que as demais lâminas apresentaram valores menores no potencial hídrico e não diferenciaram estatisticamente. As outras variáveis analisadas não tiveram diferença estatística, isso pode ter acontecido pelo pouco tempo de restrição que as plantas tinham passado.

PALAVRAS-CHAVE: Isabel Precoce; Déficit hídrico; Irrigação

EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION BLADES ON THE CV. OF EARLY ISABELLA GRAPE (VITIS LABRUSCA L.)

ABSTRACT

The grapevine is a plant generally found in regions of temperate climate, however a significant part of its cultivation is in regions of dry climate with that of the São Francisco Valley. As these regions suffer more and more from water deficit and climate change, the behavior of the Cv vine was evaluated. Early Isabella under different layers of irrigation (33% of ETc, 66% of ETc and 100% of ETc). To this end, the water potential (Mpa), the relative water content - CRA (%) and the protoplasmic resistance were measured. The results showed that the plants with a 33% ETc slide were feeling more the effect of water restriction since the other slides presented lower values in the water potential and did not statistically differentiate. The other variables analyzed had no statistical difference, this may have happened due to the short time of restriction that the plants had passed.

KEY-WORDS: Early Isabella; water deficit; irrigation.

INTRODUÇÃO

A videira é uma planta perene pertencente à família Vitaceae. Dentro desta família existe duas que se destacam por seu potencial econômico, a *Vitis labrusca* L. (videiras americanas) e a *Vitis vinifera* (videiras europeias) (KISHINO et al., 2007). Entre as cultivares de *Vitis l.* se destaca a cultivar “Isabel precoce”, esta

é uma mutação somática da cultivar “Isabel”, que apresenta a antecipação de 33 dias no ciclo em regiões tropicais. Além de possuir rusticidade a diferentes condições climáticas e resistência a algumas doenças (CAMARGO, 2004).

Segundo o Relatório emitido pela ONU em 2018, as atividades agrícolas são responsáveis por 69% do consumo de água mundial. Grande parte dos plantios de videira estão localizados em regiões semiáridas que se caracterizam pela baixa disponibilidade de água e altas temperaturas (FLEXAS et al., 2010). Com isso torna-se necessário alertar sobre a necessidade de se construir uma viticultura mais ambientalmente sustentável com melhores práticas que melhorem a eficiência do uso da água.

Bucchetti et. al. (2011) comenta sobre o aumento do teor de antocianinas e conseqüentemente na maior qualidade da uva em videiras da cultivar Merlot submetidas a restrição hídrica. Entre outras vantagens foi verificado o maior teor de sólidos solúveis em videiras da cultivar Itália submetidas a 75% do Kc. Entretanto Nascimento, et. al. (2016) verificou diminuição no potencial hídrico foliar em videiras da cultivar Syrah submetidas a déficit hídrico, neste mesmo estudo também foram verificadas alterações nas atividades fotossintéticas e vinhos com teor maior de álcool.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar o comportamento e o melhor manejo da irrigação para cultivar Isabel Precoce durante o início da fase de maturação para as condições agrometeorológicas locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O parreiral encontra-se na área experimental Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe - UFS, localizado no município de São Cristóvão – SE (10° 55' 22.3" S; 37° 12' 9.5" W, alt. 28.4 m), na área foram implantadas videiras da cultivar “Isabel Precoce” distribuídas com espaçamento de 2,7 m x 2 m entre. A poda de produção ocorreu no dia 05-11-2018, entretanto a restrição só iniciou no dia 22-01-2019 com início da maturação dos cachos. Com isto foram realizados todos os tratos culturais necessários (desbrota, adubação, amarrio, desponte, entre outros) para que a videira pudessem se desenvolver nas melhores condições possíveis.

A área foi dividida em 3 talhões. Estes foram submetidos a três níveis de irrigação diferentes (33% da ETc, 66% da ETc e 100% da ETc) a partir da fase de maturação. O método de irrigação adotado foi o gotejamento, cada gotejador tinha vazão de 2,7 litros hora. Para cada fileira de planta havia duas mangueiras de irrigação. Assim cada planta contava com oito gotejadores.

Para avaliar os efeitos dos tratamentos foi aferido cinco dias após o início da restrição o potencial hídrico foliar ($-\Psi_w$) foi determinado no horário das 12:00 com o uso da câmara de pressão (SCHOLANDER et al., 1965), da mesma folha utilizada nesta análise é retirado 5 discos de 1cm de diâmetro para avaliar o conteúdo relativo de água (TRA) pelo método de BARRS & WEATHERLEY (1962). Ainda da mesma folha foram retirados mais 20 discos de 1 cm de diâmetro para realizar a resistência protoplasmática baseado no método de VASQUEZ-TELLO et. al., (1990).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os testes estatísticos foi utilizado o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível verificar diferença estatística nos valores referidos ao potencial hídrico na lâmina de 33%, nesta foi possível verificar o resultado maior, comparado as demais. Foi verificado esta tendência, em que as plantas que sofriam o maior déficit hídrico apresentavam maior valor em seu potencial hídrico. As

lâminas de 66% e 100% ETc não diferenciaram estatisticamente, isso pode ter sido ocasionado pelo pouco tempo da restrição (ou pela planta de videira apresenta uma certa rusticidade a deficiência de água).

Os valores da tolerância protoplasmática não obteve diferenças estatísticas significativas ($p \leq 0,05$), assim como os valores de conteúdo relativo de água. Entretanto, numericamente os valores mostram que os valores da lâmina de 33% ETc está influenciando negativamente a videira, provavelmente se a restrição permanecesse até o final ciclo os dados iriam diferenciar podendo verificar. Como foi constatado por FIOREZE, et al. (2015) onde, diferentes genótipos de soja sob estresse hídrico sofreram queda no conteúdo relativo de água. DA SILVA, et al (2012) em trabalho realizado com plantas de mamão verificou que o conteúdo relativo de água diminuiu quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico de 20 dias.

Já foi constatado quem um déficit hídrico moderado após a fase de pintor da videira, á colheita mais precoce e auxilia no acúmulo de sólidos solúveis nas bagas (COOMBE & McCARTHY, 2000). Em videiras é possível diminuir o consumo hídrico sem afetar o metabolismo de açúcares (GUIMARAES et al. 2013). Sendo que o conteúdo relativo de água nas folhas da videira Niagra rosada só demonstrou diferença estatística a partir de doze dias de déficit hídrico (DE SOUZA et al. 2001)

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A lâmina de irrigação 33% da ETc apresentou um déficit hídrico desfavorável para a cultura da videira nas condições de campo do presente trabalho. Este necessita de mais estudos para comprovar a lâmina para a cultura nesse estado.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Copes pela bolsa de Iniciação científica, ao Campus Rural - UFS e a toda equipe do ECOPOC- Laboratório de ecofisiologia e pós colheita.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Artigo em revista acadêmica

BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 15, n. 3, p. 413-428, 1962.

Bucchetti B, Matthews MA, Falginella L., Peterlunger E, Castellarin SD. Efeito do déficit hídrico nos taninos e antocianinas da Merlot nas quatro estações do ano. *Sci Horti* (Amsterdã). 2011; 128: 297–305.

CAMARGO, U. A. “**Isabel precoce**”: **Uma alternativa para a viticultura brasileira**. Bento Gonçalves RS: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 6p. (Comunicado Técnico, 54).

COOMBE, Bryan G.; MCCARTHY, M. G. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. **Australian journal of grape and wine research**, v. 6, n. 2, p. 131-135, 2000.

DA SILVA, Raimundo Thiago Lima et al. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. **Nucleus**, v. 9, n. 2, 2012.

DE ANDRADE, Victor Pimenta Martins et al. Producao e qualidade da uva'Italia'submetida a controle de irrigacao e adubacao no vale do Submedio Sao Francisco/Yield and quality of Italia'grapes submitted to irrigation and fertilization control at the San Francisco Valley, Brazil. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 175-183, 2016.

DE SOUZA, Claudia Rita; SOARES, Ângela Maria; DE ALBUQUERQUE REGINA, Murillo. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1221-1230, 2001.

FIGUEIREDO, Samuel Luiz et al. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Ceres**, v. 58, n. 3, 2015.

GUIMARAES SANTOS, Caio Marcio; MOREIRA, Márcia Moura; RODRIGUES, João Domingos. Metabolismo da videira 'syrah' no semiárido nordestino sob três estratégias hídricas. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 3611-3623, 2013.

KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C. DE, ROBERTO, S. R. **Viticultura tropical 'O sistema de produção do Paraná'**. Londrina: Instituto agrônomo do Paraná, 2007. 366p.

NASCIMENTO, RUSSAIKA LÍRIO et al. Trocas gasosas e composição físico-química de vinhos em função de estratégias de irrigação. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

SCHOLANDER, Per F. et al. Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science**, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.

VASQUEZ-TELLO, A. et al. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 7, p. 827-832, 1990.

WATER, U. N. Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation. 2018.

DESEMPENHO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA ARIQUEMES - RO

Aline Ottés Moreira¹; Daniele Jesus Venturim²; Wagner Viana Andreatta³; Wilk Sampaio de Almeida⁴
Autor para correspondência: alineottesmoreira@gmail.com

¹Instituto Federal de Rondônia (IFRO) Campus Colorado do Oeste; ²Instituto Federal de Rondônia (IFRO) Campus Colorado do Oeste; ³Instituto Federal de Rondônia (IFRO) Campus Colorado do Oeste; ⁴Instituto Federal de Rondônia (IFRO) Campus Colorado do Oeste

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho dos modelos de Camargo (CA) e Hargreaves-Samani (HS) na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para a localidade de Ariquemes, Estado de Rondônia, no período de janeiro a dezembro de 2013. Os valores de ET_o estimados a partir dos modelos CA e HS foram comparados aos valores de ET_o obtidos no método de Penman-Monteith-FAO (ET_oPM), considerado o método padrão de estimativa da ET_o. Nas avaliações de desempenho dos modelos foram utilizados os índices estatísticos raiz quadrada do erro médio (RMSE) e a eficiência de Nash-Sucliff (NSE). Os valores de ET_oPM variaram de 1,11 a 7,20 mm d⁻¹; os valores de ET_oHS, estimados pelo modelo de Hargreaves-Samani, variaram de 0,82 a 6,99 mm d⁻¹; e os valores de ET_oCA, estimados pelo modelo de Camargo, variaram de 1,98 a 5,22 mm d⁻¹. Os valores do RMSE foram iguais a 1,27 e 1,56, respectivamente, quando se comparou a ET_oHS à ET_oPM e ET_oCA à ET_oPM. O NSE foi igual a 0,94 e 0,92, respectivamente para ET_oHS *versus* ET_oPM e ET_oCA *versus* ET_oPM. O desempenho dos modelos de HS e CA para estimativa da ET_o é semelhante e aceitável, embora os valores de ET_oHS sejam mais próximos aqueles estimados pelo método padrão.

PALAVRAS-CHAVE: ET_o; Penman-Monteith; Hargreaves-Samani

PERFORMANCE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION METHODS FOR ARIQUEMES - RO

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the performance of the Camargo (CA) and Hargreaves-Samani (HS) models in the estimation of reference evapotranspiration (ET_o) for the city of Ariquemes, State of Rondônia, from January to December 2013. The ET_o values estimated from the CA and HS models were compared to the ET_o values obtained in the Penman-Monteith-FAO (ET_oPM) method, considered the standard ET_o estimation method. In the performance evaluations of the models were used the statistical ratios square root mean error (RMSE) and Nash-Sucliff (NSE) efficiency. The ET_oPM values ranged from 1.11 to 7.20 mm d⁻¹; the ET_oHS values, estimated by the Hargreaves-Samani model, ranged from 0.82 to 6.99 mm d⁻¹; and the ET_oCA values, estimated by the Camargo model, ranged from 1.98 to 5.22 mm d⁻¹. The RMSE values were 1.27 and 1.56, respectively, when ET_oHS was compared to ET_oPM and ET_oCA to ET_oPM. The NSE was equal to 0.94 and 0.92, respectively for ET_oHS *versus* ET_oPM and ET_oCA *versus* ET_oPM. The performance of HS and CA models for ET_o estimation is similar and acceptable, although ET_oHS values are closer to those estimated by the standard method.

KEY-WORDS: ETo; Penman-Monteith; Hargreaves-Samani

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ETo) é o processo combinado de transferência de água em forma de vapor para a atmosfera a partir da evaporação de água e da transpiração de plantas (Allen et al., 1998). Dentre os elementos climáticos que atuam na evapotranspiração estão: radiação solar, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor e velocidade do vento, tipo da cultura e fase de crescimento, resistência estomática, altura da cultura, rugosidade do dossel, refletividade e cobertura do solo pela vegetação (Allen et al., 1998).

Dentre os métodos utilizados para estimativa da ETo, a equação de Penman-Monteith-FAO é utilizada como método padrão de estimativa de ETo, devido à sua alta precisão. Entretanto, esse método necessita de diversas variáveis meteorológicas e, em muitas localidades a falta de dados meteorológicos pode ser uma limitação. Na tentativa de contornar a limitação de dados meteorológicos, diversos modelos foram propostos para estimar a ETo. Dentre esses, o modelo de Camargo e o modelo de Hargreaves-Samani (que utilizam poucas variáveis - temperatura do ar e radiação solar extraterrestre) são alternativas interessantes.

Diversos estudos sobre o processo de evapotranspiração são realizados no Brasil, entretanto a escala utilizada ainda é insuficiente mediante as dimensões territoriais do País, principalmente em estados da região Norte, que carecem de estudos detalhados quanto à melhor metodologia par estimativa de ETo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste estudo, o objetivo foi verificar o desempenho dos modelos de Camargo e Hargreaves-Samani na estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para a cidade de Ariquemes - RO, em comparação aos valores de ETo obtidos pelo método de Penman-Monteith-FAO

MATERIAIS E MÉTODOS

O clima do Estado de Rondônia é classificado Am segundo a classificação climática de Köppen, com médias anuais de precipitação e temperatura variando de 1.900 a 2.200 mm e de 24 a 26°C, respectivamente (Alvares et al., 2013).

Os dados climáticos foram obtidos de uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada na cidade de Ariquemes (09°56'56"S, 62°57'42"W), Estado de Rondônia. A altitude da localidade é de 128 m. A série histórica utilizada compreendeu o período de janeiro a dezembro de 2013.

Os valores de evapotranspiração diária foram estimados pelos métodos Penman-Monteith-FAO - PM (Allen et al., 1998), Hargreaves-Samani - HS (Hargreaves & Samani, 1982) e Camargo - CA (Camargo, 1971) utilizando-se planilha eletrônica no Microsoft Excel.

O modelo de Penman-Monteith-FAO (Allen et al., 1998), obtido através de diversas parametrizações, é dada por:

em que: R_n é a radiação líquida na superfície da planta ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); G é a densidade de fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); $T_{\text{méd}}$ é a temperatura média do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$); u_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}); e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa), obtida pela média entre $e^{\circ}(T_{\text{máx}})$ e $e^{\circ}(T_{\text{mín}})$; e_a é a pressão atual de vapor (kPa); Δ é a declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ é a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); e 0,408 é o fator de conversão para o termo $(R_n - G)$, de $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ para mm d^{-1} .

A equação proposta por Hargreaves & Samani (1982) para estimativa da ETo foi expressa como:

em que ET_{oHS} é a evapotranspiração de referência (mm d^{-1}) estimada pelo método de Hargreaves & Samani (1982); $T_{\text{méd}}$ é a temperatura média do ar em $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$ são as temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$, respectivamente, medidas em 24 horas; R_o é a radiação solar extraterrestre, em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

O modelo proposto por Camargo (1971) para estimativa da ET_o é:

em que, ET_{oCA} é a evapotranspiração de referência (mm d^{-1}) estimada pelo método de Camargo (1971); R_o é a radiação solar extraterrestre, em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$; $T_{\text{méd}}$ é a temperatura média do ar em $^{\circ}\text{C}$.

O desempenho dos modelos de Hargreaves-Samani e de Camargo na estimativa da ET_o em relação ao modelo de Penman-Montheith foi verificado por meio dos seguintes índices estatísticos: raiz quadrada do erro médio (RMSE) (Equação 1) e eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash & Sutcliffe, 1970) (Equação 2).

(Equação 2)

em que ET_{oPM} - é a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Montheith; ET_{oHS} - é a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Hargreaves-Samani; ET_{oCA} - é a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Camargo; $ET_{oPM\text{média}}$ - é a média aritmética da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Montheith; e n - número de observações.

Para o índice RMSE, o valor 0 indica ajuste perfeito. Por sua vez, o NSE varia de $-\infty$ a 1, e o 1 representa o melhor ajuste. Os valores de 0 a 1 representam desempenho aceitável e aqueles menores que 0 indicam desempenho inaceitável (Nash & Sutcliffe, 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração de referência estimada pelos modelos de Hargreaves-Samani e Penman-Montheith-FAO para a localidade de Ariquemes - RO possuem alta variabilidade durante o período avaliado (Figura 1). Esse padrão de variação está relacionado à própria variabilidade dos elementos e fenômenos meteorológicos que interferem na transferência de vapor de água para a atmosfera, como a disponibilidade de radiação solar, amplitude térmica, velocidade de vento e ocorrência de dias nublados.

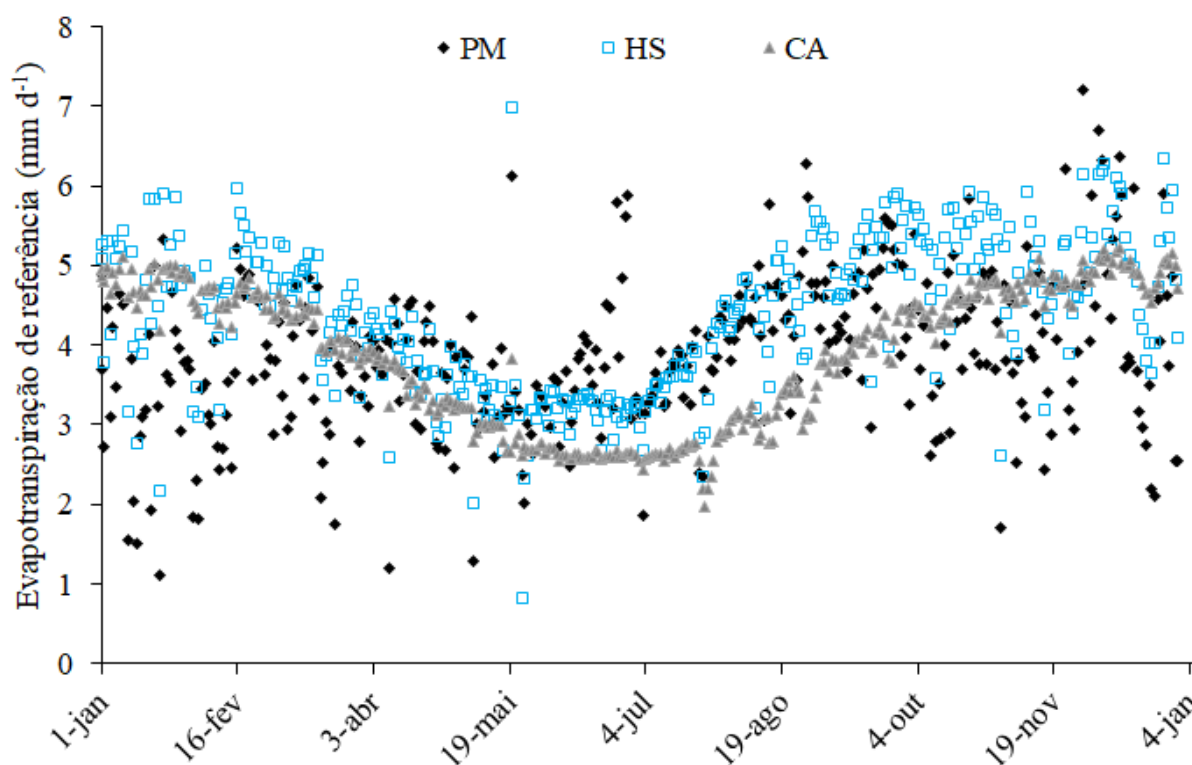


Figura 1: Evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), estimada pelos métodos de Penman-Monteith-FAO (PM), Hargreaves-Samani (HS) e Camargo (CA), para a cidade de Ariquemes - RO no período de janeiro a dezembro de 2013.

Observa-se que a menor variabilidade da ETo ocorreu nos valores obtidos pelo método de Camargo durante o período avaliado. De maneira geral, a ETo estimada pelos modelos HS e CA diminuem no período outono-inverno, sendo menores que aqueles estimados pelo método padrão da FAO.

Comparando-se a ETo obtida por HS à ETo obtida por PM, constata-se que o modelo de HS superestimar a evapotranspiração, principalmente para valores menores que 5 mm d^{-1} na localidade de Ariquemes - RO (Figura 2A). A superestimativa ocorre nos períodos de janeiro a abril e de agosto a dezembro. No período de abril a julho, o modelo HS subestima a ETo. Provavelmente a superestimativa observada esteja relacionada à maior nebulosidade e maior ocorrência de chuvas que se registram de outubro a abril, também constatado por Moura et al., 2013.

Observa-se que a menor variabilidade da ETo ocorreu nos valores obtidos pelo método de Camargo durante o período avaliado. De maneira geral, a ETo estimada pelos modelos HS e CA diminuem no período outono-inverno, sendo menores que aqueles estimados pelo método padrão da FAO.

Comparando-se a ETo obtida por HS à ETo obtida por PM, constata-se que o modelo de HS superestimar a evapotranspiração, principalmente para valores menores que 5 mm d^{-1} na localidade de Ariquemes - RO (Figura 2A). A superestimativa ocorre nos períodos de janeiro a abril e de agosto a dezembro. No período de abril a julho, o modelo HS subestima a ETo. Provavelmente a superestimativa observada esteja relacionada à maior nebulosidade e maior ocorrência de chuvas que se registram de outubro a abril, também constatado por Moura et al., 2013.

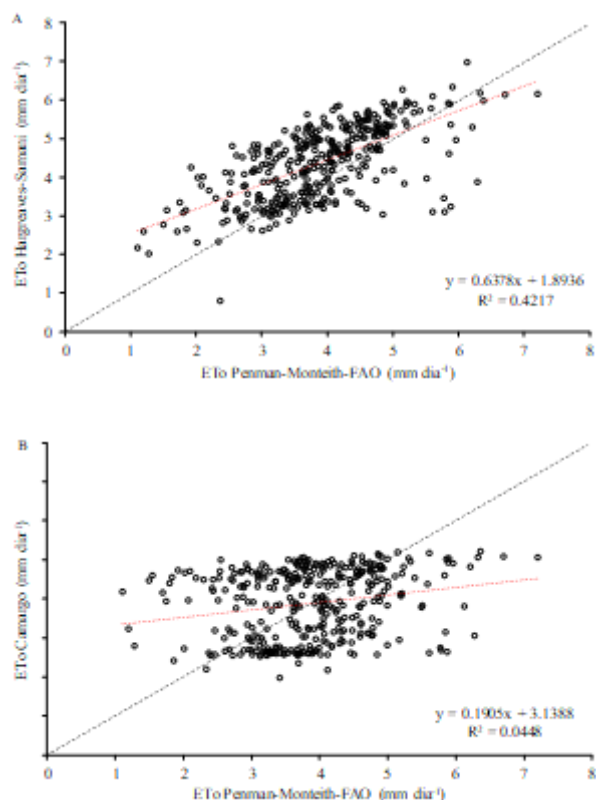


Figura 2: Evapotranspiração de referência ETo (mm d^{-1}), estimada pelo método de Hargreaves-Samani, em relação ao PM-FAO (A) e estimada pelo método de Camargo, em relação ao PM-FAO (B) para a cidade de Ariquemes - RO no período de janeiro a dezembro de 2013.

A ETo estimada pelo modelo CA superestimar a evapotranspiração no período de outubro a abril e subestima em até 40% no período de maio a agosto (Figura 2B). Esse fato pode ser explicado pela

nebulosidade e maior ocorrência de chuvas que se registram no período chuvoso (outubro a abril), o que diminui a radiação solar, além da diminuição da amplitude térmica (maio a agosto) e da temperatura média, essa última utilizada no método de Camargo para estimar a ETo.

Por meio dos índices estatísticos, constatou-se que os valores do RMSE foram semelhantes entre si e iguais a $1,27 \text{ mm d}^{-1}$ e $1,56 \text{ mm d}^{-1}$, respectivamente, quando se comparou a ETo-HS à EToPM e EToCA à EToPM. O NSE foi aceitável e próximo ao ajuste perfeito (1), com valores iguais a 0,94 e 0,92, respectivamente para EToHS *versus* EToPM e EToCA *versus* EToPM.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os modelos de Camargo e Hargreaves-Samani são aceitáveis para estimativa da evapotranspiração de referência e os valores de ETo estimados pelo modelo de Hargreaves-Samani mais próximos aqueles estimados pelo método padrão.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização dos dados meteorológicos e ao Instituto Federal de Rondônia (IFRO) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO: Irrigation and Drainage, Paper 56, Roma, 297p, 1998.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, p.711-728, 2013.

CAMARGO, A.P. de. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 24p. Boletim 116, 1971.

HARGREAVES, G.H.; Z.A. SAMANI. Estimating potential evapotranspiration. Journal of the Irrigation and Drainage Division, v.108, p. 223-230, 1982.

MOURA, A.R.C.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANTONINO, A.C.D.; AZEVEDO, J.R.D.; SILVA, B.B.; OLIVEIRA, L.M.M. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco - Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, p.181-191, 2013.

NASH, J.E. & SUTCLIFFE, J.V. River flow forecasting through conceptual models: part 1. A discussion of principles. Journal of Hydrology, v.10, p.282-290, 1970.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_0), NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO, NO MUNICÍPIO DE LINHARES, ES

André Dalla Bernardina Garcia¹; José Carlos Mendonça¹
Autor para correspondência: andredallabg@outlook.com

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF

RESUMO

O conhecimento da evapotranspiração de referência (ET_0) é de extrema importância para verificar um balanço hídrico entre as entradas e saídas de água do solo e a partir deste dado efetuar um bom manejo da irrigação. Para estimar a ET_0 existem diversos métodos, entretanto o método padronizado é o Penman-Monteith (PM), que necessita de uma grande quantidade de dados meteorológicos para sua realização. Nesse sentido outros métodos, mais simples, devem ser avaliados para as diferentes regiões para verificar seu desempenho em estimar a ET_0 e auxiliar produtores e pesquisadores com menos recursos. Com a realização deste trabalho objetivou-se comparar diferentes métodos para estimar a ET_0 , nas diferentes estações do ano, no município de Linhares-ES. Foram utilizados seis diferentes métodos a serem comparados com o padrão PM, são eles: Hargreaves-Samani, Radiação Solar FAO, Makkink, Jensen-Haise, Linacre e Penman Simplificado, além disso para verificar o desempenho dos métodos foram calculados o coeficiente de correlação de Pearson, o índice de concordância e o índice de desempenho. Como resultado obteve-se que os métodos de Radiação Solar e Penman Simplificado são os mais indicados para estimativa da ET_0 na região, para todas as estações do ano. O método de Linacre teve bom desempenho apenas no inverno, sendo o menos indicado para a região estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia; Evapotranspiração; Irrigação

EVAPOTRANSPIRATION (ET_0) ESTIMATE, AT THE DIFFERENT SEASONS OF THE YEAR, IN LINHARES CITY

ABSTRACT

The knowledge of reference evapotranspiration (ET_0) is extremely important to verify a water balance between the inputs and outputs of soil water and from this data to perform a good irrigation management. To estimate the ET_0 there are several methods, however the standardized method is the Penman-Monteith (PM), which requires a large amount of meteorological data for its realization. Therefore, other, simpler methods should be evaluated for the different regions to verify their performance in estimating ET_0 and to help producers and researchers with fewer resources. The objective of this paper it's to compare different methods to estimate the ET_0 , in the different seasons of the year, in the city of Linhares-ES. Were used six different methods to compare with the PM standard: Hargreaves-Samani, FAO Solar Radiation, Makkink, Jensen-Haise, Linacre and Penman Simplified; in addition, to verify the performance of the methods were calculated the correlation coefficient of Pearson, the concordance index and the performance index. As a result it was obtained that the Solar Radiation and Simplified Penman methods are the most suitable for ET_0 estimation in the region, for all seasons. The Linacre method performed well only in the winter, being the least indicated for the studied region.

KEY-WORDS: Agrometeorology; Evapotranspiration; Irrigation

INTRODUÇÃO

A escassez de água, bem como o uso eficiente dos recursos hídricos são temas frequentemente abordados nas grandes mídias e também em vários estudos do meio acadêmico relacionado a este tema. Devido a este fato, a água, quando utilizada com finalidade agrônômica deve ser utilizada de modo mais racional possível. A partir desta premissa, a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) tem por objetivo otimizar o uso da água na agricultura, por meio do manejo correto e eficiente da irrigação.

Costa, Mantovani e Sedyama (2015) afirmam que o conceito de evapotranspiração de referência, desenvolvido por Thornthwaite (1948), tem como alvo estudar a demanda evaporativa da atmosfera para qualquer cultura, sendo os fatores climáticos as únicas variáveis a afetarem a evapotranspiração.

Silva et al. (2013) reiteram que existem vários métodos para estimar a ET_0 , entretanto, o desempenho dos mesmos pode variar conforme o ambiente, clima e época do ano, já que tais métodos possuem algum tipo de conhecimento empírico envolvido. Estes mesmos autores ainda destacam que o método de Penman-Monteith, parametrizado por Allen et al. (1998), ficou estabelecido como padrão para determinação da ET_0 e que, apesar disto, necessita de um conjunto de dados meteorológicos específicos para realização da estimativa da ET_0 , o que pode ser um problema, uma vez que alguns desses dados não são disponíveis em estações mais simples.

Outro ponto importante a ser destacado é que, faz-se necessária a redução de custos para estimar a ET_0 pelos métodos indiretos, uma vez que estações meteorológicas completas, ou seja, que fornecem todos os elementos climáticos para estimar a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith apresentam um custo elevado a nível de produtor rural. Nesse sentido, uma estimativa por métodos mais simplificados e devidamente calibrados para a região pode ser realizada com uso reduzido de sensores meteorológicos, reduzindo consideravelmente o custo para estimar ET_0 .

O município de Linhares, localizado na Mesorregião Espírito Santense e na Microrregião da Baixada Espírito Santense destaca-se por sua importância no cenário agrícola do estado. No ano de 2010 a área cultivada no município atingiu 58083ha com uma produção estimada em 1.319.404Ton em diversos tipos de culturas, com destaque para a cana-de-açúcar e para o café (INCAPER, 2011).

Os autores Paula e Soares (2011) classificam o clima da região de Linhares como tropical úmido (Am), com precipitação pluviométrica média anual de 1.403 mm e uma estação seca de maio a setembro, podendo chegar a apenas 33 mm de chuva nos meses de julho e agosto. A média anual de temperatura é de 23,6 °C, com mínima em julho (15,6 °C) e máxima em fevereiro (27,4 °C). Os autores, usando o índice de sazonalidade de Mohr, obtiveram o resultado ($Q = 33,3$), que coloca a área estudada no limite entre o úmido e o levemente sazonal.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Considerando que a ET_0 apresenta variabilidade espacial e temporal, e que o método de Penman-Monteith necessita de dados mais completos de diferentes sensores meteorológicos, o objetivo na realização deste trabalho consistiu em estimar a evapotranspiração de referência (ET_0), por seis métodos diferentes, nas quatro diferentes estações do ano, e comparar os resultados com os valores estimados pelo método de Penman-Monteith (FAO 56) no município de Linhares-ES.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido com base em informações meteorológicas obtidas na estação automática A614, pertencente ao INMET, localizada na região de coordenadas geográficas 19°21'25"S (Linhares-ES),

com altitude de 38 m. O clima do município é classificado como tropical quente úmido com chuvas no verão e inverno seco. O índice pluviométrico é de 1.193 mm por ano e a temperatura média é de 23,4 °C, sendo a máxima de 32°C e a mínima de 19,6°C (INCAPER, 2011).

Devido à disponibilidade dos dados viáveis, optou-se pela utilização de dados diários entre o período de janeiro de 2008 a junho de 2017. Conforme Esteves et al. (2010), as estações meteorológicas podem apresentar erros de leitura devido a diversos fatores, sendo eles falhas de equipamentos ou humanas, devido a estes erros que ocorrem, os dados que apresentavam inconsistência na leitura ou registros incompletos foram eliminados.

De posse dos dados climáticos, foi efetuado o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0), utilizando-se os métodos de Penman-Monteith-FAO56 (PM), Hargreaves-Samani (HS), Radiação Solar FAO (RS FAO), Makkink (MKK), Jensen-Haise (JH), Linacre (LIN) e Penman Simplificado (PS). Dentre os modelos utilizados, o primeiro (PM) foi usado como padrão de calibração para os demais.

Para estimar a evapotranspiração referência, em escala diária, o estudo utilizou o modelo proposto por Penman-Monteith-FAO 56 (ALLEN et al. 1998), conforme apresentado na Equação 1.

(1)

Em que:

R_n - Radiação líquida, em $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

G - Densidade do fluxo de calor no solo, em $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

T - Temperatura média diária do ar, em °C;

γ - Constante psicrométrica, em $\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$;

Δ - Tangente à curva de pressão de saturação de vapor em função da temperatura do ar, em $\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$;

U_2 - Velocidade média diária do vento a 2 metros de altura, em m s^{-1} ;

e_a - Pressão de vapor de saturação, média diária, em kPa;

e_s - Pressão de vapor de saturação, média diária, à temperatura do ponto de orvalho, em kPa.

A estimativa da ET_0 utilizando Hargreaves-Samani (1985), pode ser efetuada conforme a Equação 2, que apresenta-se mais simples em relação à equação proposta por Penman-Monteith.

(2)

Em que:

R_a – radiação extraterrestre, em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$;

T_{max} – temperatura máxima do ar, em °C;

T_{min} – temperatura mínima do ar, em °C;

T – temperatura média do ar, em °C.

O modelo de Radiação Solar FAO para obtenção da ET_0 foi calculado conforme a Equação 3 (VESCOVE; TURCO, 2005).

(3)

Em que:

c – Coeficiente angular que pode ser obtido utilizando-se a Equação 4;

W – Fator de ponderação dependente da temperatura do ar e do coeficiente psicrométrica;

R_s – Radiação solar a nível da superfície do solo, expressa em equivalente de evaporação (mm dia^{-1}).

(4)

Em que:

c_L – Coeficiente que pode ser obtido conforme a equação 5;

$c_0 = -0,3$.

$c_L = a_0 + a_1 UR + a_2 Vd + a_3 UR Vd + a_4 UR^2 + a_5 Vd^2$ (5)

Em que:

$a_0 = 1,0656$; $a_1 = -0,0012795$; $a_2 = 0,044953$; $a_3 = -0,00020033$; $a_4 = -0,000031508$;

$a_5 = -0,0011026$;

UR – Umidade relativa média, em %;

Vd – Velocidade média do vento no período diurno a 2 m de altura, em m s^{-1} , (considerou-se a $Vd = a 70\%$ da velocidade média do vento no período de 24 horas).

De acordo com Tanaka et al. (2016), o fator W pode ser calculado de acordo com as condições diárias, fazendo-se uso das Equações 6 ou 7, com base na temperatura.

(6)

(7)

Em que:

T – Temperatura média diária, em $^{\circ}\text{C}$.

O método de estimativa da ET_0 pelo modelo de Makkink deu-se conforme demonstrado na Equação 8.

(8)

Em que:

Rs – Radiação solar global, em mm dia⁻¹;

W - Fator de ponderação dependente da temperatura do ar e do coeficiente psicrométrica, calculado conforme as equações 6 e 7.

A determinação da ET₀ pelo modelo proposto por Jensen-Haise conforme a Equação 9.

(9)

Em que:

T – Temperatura média do ar, em °C;

Rs - Radiação solar global, em mm dia⁻¹.

O modelo de estimativa de ET₀ desenvolvido por Linacre para estimar a evapotranspiração foi calculado conforme a Equação 10 (ROCHA et al., 2015).

(10)

Em que:

T - Temperatura do ar, em °C;

H - Altitude, em m;

φ - Latitude, em graus;

T_d - Temperatura do ponto de orvalho, em °C.

Um método simplificado para calcular a evapotranspiração de referência foi desenvolvido baseando-se na mesma abordagem de Penman (1963). O modelo está descrito na Equação 11 e utiliza variáveis como fluxo de calor no solo e um fator de ponderação dependente da temperatura do ar (MENDONÇA; ESTEVES; SOUZA, 2013).

(11)

Em que:

G - Fluxo de calor no solo durante o período diurno, em MJ m⁻² dia⁻¹;

Rn - Radiação durante o período diurno em uma superfície vegetada, em MJm⁻²dia⁻¹;

W - Fator de ponderação dependente da temperatura do ar e da constante psicrométrica, calculado conforme as equações 6 e 7.

Com o tratamento inicial dos dados, foram realizadas regressões lineares, pareando-se os métodos estudados com o padrão, Penman-Monteith. A análise de regressão permitiu obter as equações lineares, por meio da linha de tendência, e conseqüentemente, os coeficientes linear e angular, 'a' e 'b', respectivamente.

Para avaliar o desempenho dos métodos testados em relação ao método PM, foram utilizados como indicadores, além do coeficiente de correlação de Pearson (r), o índice de concordância (D) conforme Willmott et al. (1985), o índice de desempenho (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997) calculados de acordo com as equações 12 e 13, respectivamente.

(12)

(13)

Em que:

Pi –Valores estimados pelo método em teste;

Oi – Valores estimados pelo método padrão, ET₀PM;

Média dos valores estimados pelo método padrão, ET₀PM;

r – Coeficiente de correlação de Pearson;

D – Índice de concordância de Willmott, obtido pela eq. 12.

De acordo com Peixoto et al. (2014), para os índices ‘D’ e ‘c’, quanto mais próximos a 1 esses se apresentarem, melhor o desempenho do método, pois mais indica que os valores obtidos na previsão do modelo em teste são também similares aos resultados obtidos com o método considerado como padrão. Para classificar o índice de desempenho (c), seguiu-se os critérios indicados por Camargo e Sentelhas (1997), em que “c” maior que 0,85 (ótimo), 0,85 > c > 0,76 (muito bom), 0,75 > c > 0,66 (bom), 0,65 > c > 0,61 (mediano), 0,60 > c > 0,51 (sofrível), 0,50 > c > 0,41 (mal), 0,4 > c (péssimo).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad \text{Eq.01}$$

$$ET_0 = 0,023Ra(T \max - T \min)^{0,5} (T + 17,8) \quad \text{Eq.02}$$

$$ET_0 = c W Rs \quad \text{Eq.03}$$

$$c = c_o + cL \quad \text{Eq.04}$$

$$cL = a_0 + a_1 UR + a_2 Vd + a_3 UR Vd + a_4 UR^2 + a_5 Vd^2 \quad \text{Eq.05}$$

$$W = 0,407 + 0,0145T; \quad 0 < T < 16^\circ C \quad \text{Eq.06}$$

$$W = 0,483 + 0,01T; \quad 16,1 < T < 32^\circ C \quad \text{Eq.07}$$

$$ET_0 = 0,6WRs - 0,12 \quad \text{Eq.08}$$

$$ET_0 = (0,0252T + 0,078)Rs \quad \text{Eq.09}$$

$$ET_0 = \frac{500(T + 0,006H) + 15(T - T_d)}{(100 - \varphi)(80 - T)} \quad \text{Eq.10}$$

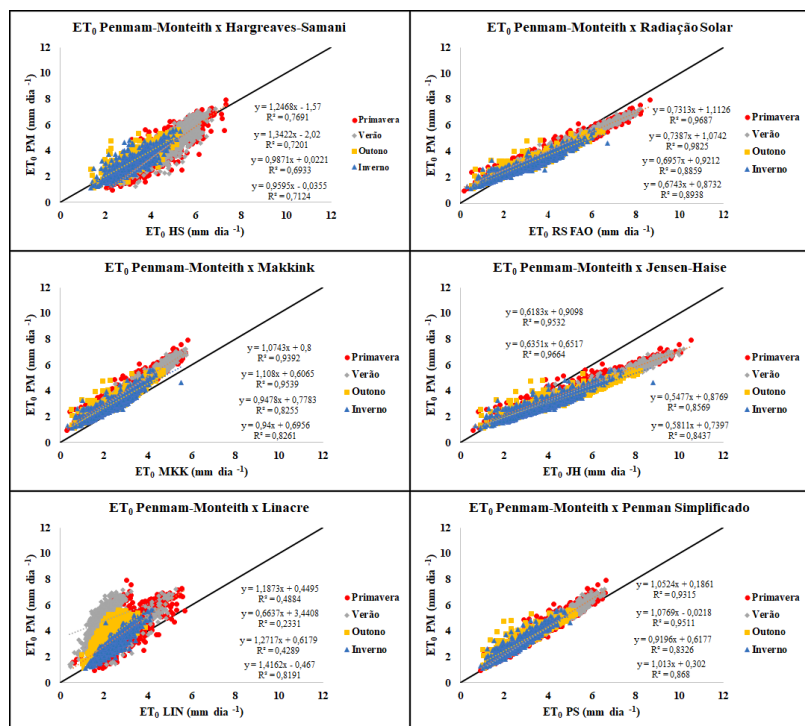
$$ET_0 = 0,408 \frac{(Rn - G)}{(2 - W)} \quad \text{Eq.11}$$

$$D = 1 - \frac{\sum_i^n (Pi - Oi)^2}{\sum_i^n (|Pi - \bar{O}| + |Oi - \bar{O}|)^2} \quad \text{Eq.12}$$

$$c = rD \quad \text{Eq.13}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações dos métodos testados em relação ao padrão, observando-se as séries históricas para cada estação do ano, conforme sua sazonalidade, para a cidade Linhares, podem ser observadas na Figura 1.



Ao observar a Figura 1 percebe-se que no geral houve pouca dispersão entre os pontos, e a maioria dos métodos tendeu a subestimação dos valores de ET_0 , apenas os métodos de Hargreaves-Samani e Jensen-Haise superestimaram os valores da evapotranspiração de referência, principalmente para valores de ET_0 acima de 4 mm dia^{-1} .

Figura 1. Correlação entre a ET_0 dos métodos utilizados para as diferentes estações do ano.

Outro aspecto relevante a ser avaliado é a dispersão dos pontos observados no gráfico de comparação entre PM e Linacre, o que indica o baixo ajuste desse método à região de Linhares. A maior dispersão ocorreu principalmente nas estações de verão e primavera, pois as condições climáticas nestes períodos são muito diferentes das condições nas quais o modelo de Linacre foi originalmente desenvolvido.

De acordo com Rocha et al. (2015) o modelo de estimativa de ET_0 desenvolvido por Linacre, foi baseado em dados para locais com clima temperado e seco. Assim como vários outros métodos, também é uma simplificação da equação de Penman-Monteith, neste caso utilizando a temperatura, latitude e longitude para estimar a evapotranspiração.

Os métodos de Radiação Solar e Penman Simplificado foram os que apresentaram melhores ajustes a reta 1:1, ou seja, tiveram maior correspondência entre os pontos do método padrão (PM) e o método avaliado. Além disso, pode-se observar, que os maiores valores de ET_0 foram obtidos tanto no verão como na primavera, sendo pouco distintos entre essas estações, assim como os menores valores de ET_0 foram observados no outono e inverno, o que caracteriza a região como duas estações bem definidas.

De acordo com Tanaka et al. (2016), para a região de Mato Grosso, na qual o sul do estado possui clima semelhante às regiões avaliadas neste trabalho, A_w segundo a classificação Koppen, os modelos MKK, LIN, RS e JH tendem a superestimar os valores de ET_0 , o que corrobora em partes, os resultados obtidos neste trabalho.

No Quadro 1 estão relacionados os índices comparativos entre os métodos avaliados e o padrão para as diferentes estações do ano.

Quadro 1. Índices comparativos dos métodos em teste com em relação ao modelo padrão.

Comparações	Primavera					
	a	b	D	r	c	Classificação
PM x HS	-1,57	1,2468	0,88	0,88	0,77	Muito Bom
PM x RS	1,1126	0,7313	0,97	0,98	0,95	Ótimo
PM x MKK	0,8	1,0743	0,85	0,97	0,82	Muito Bom
PM x JH	0,9098	0,6183	0,83	0,98	0,81	Muito Bom
PM x LIN	0,4495	1,1873	0,68	0,70	0,47	Mal
PM x PS	0,1861	1,0524	0,96	0,97	0,93	Ótimo
	Verão					
PM x HS	-2,02	1,3422	0,86	0,85	0,73	Bom
PM x RS	1,0742	0,7387	0,96	0,99	0,95	Ótimo
PM x MKK	0,6065	1,108	0,81	0,98	0,79	Muito Bom
PM x JH	0,6517	0,6351	0,68	0,98	0,67	Bom
PM x LIN	3,4408	0,6637	0,42	0,48	0,20	Péssimo
PM x PS	0,6177	0,9196	0,96	0,98	0,94	Ótimo
	Outono					
PM x HS	0,0221	0,9871	0,90	0,83	0,75	Bom
PM x RS	0,9212	0,6957	0,94	0,94	0,89	Ótimo
PM x MKK	0,7783	0,9478	0,84	0,91	0,76	Muito Bom
PM x JH	0,8769	0,5477	0,71	0,93	0,66	Bom
PM x LIN	0,6179	1,2717	0,54	0,65	0,35	Péssimo
PM x PS	-0,0218	1,0769	0,91	0,91	0,83	Muito Bom
	Inverno					
PM x HS	-0,0355	0,9595	0,90	0,84	0,76	Muito Bom
PM x RS	0,8732	0,6743	0,94	0,95	0,88	Ótimo
PM x MKK	0,6956	0,94	0,86	0,91	0,78	Muito Bom
PM x JH	0,7397	0,5811	0,76	0,92	0,70	Bom
PM x LIN	-0,467	1,4162	0,78	0,91	0,70	Bom

PM x PS	0,302	1,013	0,92	0,93	0,86	Ótimo

Pela análise do Quadro 1 verifica-se que a maioria dos métodos apresentou o coeficiente de Willmot (D) acima de 0,7, ou seja, bem próximo a 1, que seria o ajuste perfeito, para todas as estações do ano. No entanto observa-se que no verão, outono e inverno o método de Linacre teve este índice abaixo de 0,7, indicando uma alta dispersão entre os pontos.

Em relação ao coeficiente de correlação de Pearson (r), Silva, Banga e Alves (2017) indicam que para o valor igual a 1 existe uma correlação perfeita entre os métodos, valores entre 0,9 e 0,7 podem ser considerados como uma correlação forte, valores entre 0,7 e 0,4 a correlação é moderada, entre 0,4 e 0,2 correlação fraca e quando igual a 0 não existe correlação.

Neste trabalho verifica-se pelo Quadro 1 que, no inverno e primavera todos os métodos apresentaram uma correlação forte, enquanto nas estações do verão e outono apenas o método de Linacre apresentou uma correlação moderada. É importante destacar que os métodos de RS, MKK, JH e OS tiveram valores sempre acima de 0,91 em todas as estações, o que indica uma correlação quase perfeita desses métodos.

Os métodos de RS e PS apresentaram um índice de desempenho “ótimo” em todas as estações, exceto no outono, em que PS foi classificado como “muito bom”. O método de Linacre teve um índice de desempenho classificado como “péssimo” ou “mal”, exceto no inverno que este foi classificado como “bom”, esse resultado corrobora com os demonstrados graficamente, que este modelo tem melhor adaptação em locais de clima temperado e inverno seco, característico da região em estudo.

Estudos realizados por Santos (2017) na localidade de Feira de Santana – BA, cidade com clima classificado como Aw, segundo o sistema Koppen, corroboram os resultados aqui obtidos, uma vez que LIN apresentou desempenho “péssimo” e HS “ótimo”, similares aos deste trabalho.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os métodos de Radiação Solar e Penman Simplificado são os mais indicados para estimativa da ET₀ na região de Linhares em todas as estações do ano. O método de Linacre teve bom desempenho apenas no inverno, sendo o menos indicado para a região estudada.

O método de Hargreaves-Samani apresentou bom desempenho em durante todo o ano, sendo este um método mais simples para obtenção da ET₀, é indicado para produtores rurais ou pesquisadores com menos recursos financeiros.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimentos a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, em especial ao Laboratório de Engenharia Agrícola pela disponibilidade de equipamentos, recursos e dados meteorológicos para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G.; PEREIRA, Luis S.; RAES, Dirk; SMITH, Martin. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, Irrigation and Drainage Paper, 56, 1998. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Anoop_Srivastava7/post/Which_method_of_calculating_crop_evapo-

transpiration_is_globally_accepted/attachment/5a1e5aeeb53d2f6747c6d144/AS%3A565926494179334%401511938798907/download/Allen_FAO1998.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2019.

CAMARGO, Ângelo Paes de; SENTELHAS, Paulo Cesar. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RB_Agro_5\(1\)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RB_Agro_5(1)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2019.

COSTA, Monalisa Soares; MANTOVANI, Everardo Chartuni; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku. Comportamento dos diferentes métodos de determinação da evapotranspiração de referência nas cinco regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 5, p. 310-319, 2015. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/320>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

ESTEVES, Barbara dos Santos; MENDONÇA, José Carlos; SOUSA, Elias Fernandes. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 3, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n3/v14n03a06>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

HARGREAVES, George H.; SAMANI, Zohrab A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985. Disponível em: <<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=26773>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. **Planejamento e programação de ações para Santa Teresa**. Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER, Secretaria de Agricultura, 2011. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipalities/Nordeste/Linhares.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

MENDONÇA, José Carlos; ESTEVES, Barbara dos Santos.; SOUSA, Elias Fernandes de. Reference Evapotranspiration (ET_o) in North Fluminense, Rio de Janeiro, Brazil. In: ALEXANDRIS, Stavros G.; STICEVIC, Ruzica. **Evapotranspiration - An Overview**. Croácia: Intech, p. 259-276, 2013. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/evapotranspiration-an-overview/reference-evapotranspiration-eto-in-north-fluminense-rio-de-janeiro-brazil-a-review-of-methodologies>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

PAULA, Alessandro de; SOARES, João Juarez. Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa das terras baixas na Reserva Biológica de Sooretama, Linhares, ES. **Floresta**, v. 41, n. 2, 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/21880>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

PEIXOTO, Tayd Dayvison Custódio; LEVIEN, Sérgio Luiz Aguilar; BEZERRA, Andre Herman Freire; SOBRINHO, José Espínola. Avaliação de diferentes metodologias de estimativa da ETo baseadas no tanque classe A, em Mossoró, RN. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 58-65, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2599>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

PENMAN, Howard Latimer. **Vegetation and hydrology**. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal. 124p. 1963. Disponível em: <https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1963/11000/Vegetation_and_Hydrology.14.aspx>. Acesso em: 03 jun. 2019.

ROCHA, Igor Pinheiro da; SILVA LIMA, Nadielan da; CHAGAS, Rogério Moreira; ALMEIDA, Gledson Luiz Pontes de. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Garanhuns, PE. **Revista Geama**, v. 2, n. 1, p. 25-40, 2015. Disponível em: <<http://www.ead.codai.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/487>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

SANTOS, Robson Argolo dos. Avaliação e ajuste de métodos alternativos de estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith-FAO56, em Feira de Santana-BA. In: Seminário de Iniciação Científica, XXI, n. 21, 2017. **Anais...** Feira de Santana: UEFB, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uefs.br/index.php/semic/article/view/2252>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

SILVA, Emerson Mariano da; BANGA, Nelson Mário; ALVES, José Maria Brabo. Modeling of wind resources on Mozambique considering a climate change scenario. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, p. 157-170, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862017000100157&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 24 jun. 2019.

SILVA, Mairton Gomes da; ARRAES, Francisco Dirceu Duarte; LEDO, Eder Ramon Feitoza; SANTOS, Nara Tosta; SILVA FILHO, José Airton da. Avaliação da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith usando dados climáticos mínimos no sertão do Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 284-293, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/agroambiente/article/view/1245>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

TANAKA, Adriana Aki; SOUZA, Adilson Pacheco de; KLAR, Antônio Evaldo; SILVA, Andréa Carvalho da; GOMES, Anthony Wellington Almeida. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 91-104, 2016. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/21722>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948. Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/8936/606d046f826302b9a91fac3b8ff7eb4da485.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

VESCOVE, Humberto V.; TURCO, José E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/eagri/v25n3/28067.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

WILLMOTT, Cort J.; ACKLESON, Steven G.; DAVIS, Robert E.; FEDDEMA, Johannes J.; KLINK, Katherine M.; LEGATES, David R.; O'DONNELL, James; ROWE, Clinton M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, 8995-9005, 1985. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JC090iC05p08995>>. Acesso em: 06 mai. 2019.

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO PERÍODO DAS ÁGUAS NO BRASIL CENTRAL

Alexandre Bryan Heinemann¹; Silvando Carlos da Silva¹; Luís Fernando Stone¹; Alberto Baêta dos Santos¹
Autor para correspondência: alexandre.heinemann@embrapa.br

¹Embrapa Arroz e Feijão

RESUMO

Compreender a variabilidade da precipitação pluvial no período das águas é crucial para tomada de decisões, uma vez que parte substancial dos sistemas agrícolas é de sequeiro e depende da precipitação pluvial. Para isso, há necessidade de obter informações sobre a quantidade total de precipitação pluvial, início e término do período chuvoso, número de dias úmidos e secos e duração do período das águas. O objetivo deste estudo foi analisar as tendências pluviométricas (início, término, duração, número de dias secos e úmidos) no período das águas, por meio de dados diários de precipitação pluvial obtidos em 50 estações meteorológicas distribuídas na região central do Brasil. A precipitação pluvial total na época das águas varia de 1.038 a 1.723 mm, com um valor médio de 1.328 mm para toda a região. O início do período chuvoso varia entre o final de setembro e o início de novembro, enquanto o seu término ocorre entre o final de março e a primeira quinzena de abril. Em contraste com a data de início, que se estende por 6 semanas, a data do término da época das águas ocorre dentro de um período de 3 semanas.

PALAVRAS-CHAVE: duração do período chuvoso; dias úmidos; dias secos

RAINFALL IN THE WET SEASON IN CENTRAL BRAZIL

ABSTRACT

Understanding the variability of rainfall in the wet season is crucial for decision making, since a substantial part of the farming systems is rainfed. For this, it is necessary to obtain information on the total amount of rainfall, rainy season onset and cessation, number of wet and dry days and duration of the wet season. The objective of this study was to analyze the rainfall trends (rainy season onset and cessation, duration, number of dry and wet days) in the wet season, by means of daily rainfall data obtained from 50 meteorological stations distributed in the central region of Brazil. The total rainfall in the wet season ranges from 1,038 to 1,723 mm, with an average value of 1,328 mm for the entire region. The rainy season onset varies between the end of September and the beginning of November, while its cessation occurs between the end of March and the first half of April. In contrast to the onset, which extends for 6 weeks, the wet season cessation occurs within a period of 3 weeks.

KEY-WORDS: wet season duration; wet days; dry days

INTRODUÇÃO

No cultivo das águas de 2017/2018, o Brasil produziu cerca de 229,7 milhões de toneladas (8,64% da produção mundial) de grãos em 61,6 milhões de hectares (CONAB, 2018). O Brasil Central é considerado a principal região produtora de grãos do Brasil, com a expansão agrícola nas últimas três décadas impulsionada, em grande parte, pelo mercado internacional de commodities. Os estados de Mato Grosso, Goiás, Rondônia e Tocantins, localizados nessa região, são responsáveis por 37% da área total cultivada de grãos (39% da produção de grãos) no país (CONAB, 2018). Uma parte substancial dos sistemas agrícolas é

de sequeiro e depende da precipitação pluvial. Portanto, as alterações na distribuição pluvial afetam significativamente o bem-estar socioeconômico da população, cuja subsistência e/ou segurança alimentar dependem desses sistemas. Informações em nível local sobre o caráter da variabilidade da precipitação pluvial no período das águas (quantidade de precipitação, início e término do período das águas, número de dias chuvosos e secos e duração do período das águas) são cruciais para entender as variações na produtividade das culturas em sistemas de sequeiro (Delerce et al., 2016)

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste estudo foi analisar as tendências pluviométricas (início, término, duração, número de dias secos e úmidos) no período das águas na região central do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange o Cerrado (Goiás e sul de Mato Grosso) e a zona de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado (Rondônia, norte de Mato Grosso e Tocantins). A área é de 1,76 milhões de km², com variação de altitude, latitude e longitude de 300 a 900 m, 20° (S) a 5° (S) e 61° (W) a 46° (W), respectivamente. O regime de chuvas da região apresenta uma forte sazonalidade (padrão monomodal) com duas estações (úmida e seca). Mais de 80% das chuvas ocorrem entre os meses de novembro a março, com o período mais chuvoso entre janeiro e março. O conjunto de dados meteorológicos, correspondente a 50 estações meteorológicas com 33 anos de dados diários de precipitação (1980 e 2013) dispersas pela área de estudo, consiste em séries temporais de precipitação pluvial diária, obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A fim de avaliar as variações de precipitação pluvial dentro da época das águas, determinou-se o início e término da precipitação pluvial nesse período. Para isso foi empregado o método descrito por Liebmann et al. (2012). Assim, uma anomalia de precipitação pluvial cumulativa diária (AA, dia) foi definida para cada estação meteorológica ao longo do tempo, segundo a Equação 1

$$AA = \sum_{n=1}^{day} [R(n) - \bar{R}]$$

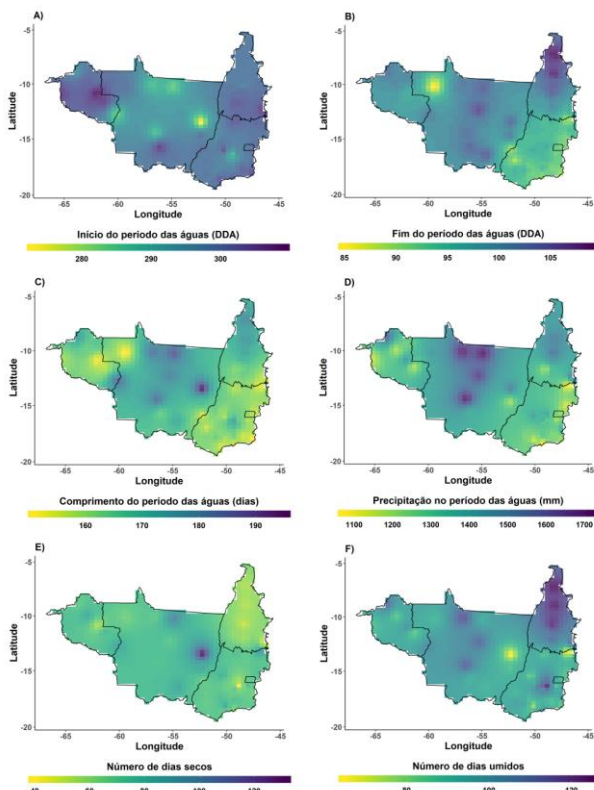
em que $R(n)$ é a precipitação pluvial diária (mm dia⁻¹), \bar{R} é a média climatológica de precipitação pluvial diária (mm) e n é o dia variando de 1980 a 2013. O cálculo pode ser iniciado a qualquer momento, mas neste estudo foi iniciado no dia primeiro de julho, o período mais seco na área de estudo. As datas de início (RS_{START}) e término (RS_{END}) foram determinadas obtendo-se os mínimos e máximos, respectivamente, na anomalia de precipitação pluvial cumulativa diária (AA), que aumenta quando a precipitação pluvial diária está acima da média climatológica e diminui quando a precipitação diária está abaixo da média diária climatológica. A quantidade total de precipitação pluvial (RS_{TPA}) durante o período das águas foi calculada somando o valor da precipitação pluvial entre RS_{START} e RS_{END} . A duração do período das águas (RSL) foi obtida pela diferença (em dias) entre o término do período das águas (RS_{END}) e seu início (RS_{START}). Finalmente, o número de dias secos (RS_{NDD}) e úmidos (RS_{NWD}) foi calculado com base no número de dias acima (úmido) ou abaixo (seco) de 0,1 mm dia⁻¹ de chuva entre RS_{START} e RS_{END} . Os valores médios das variáveis foram interpolados e rasterizados na região de estudo para ilustrar a variação geográfica de cada variável

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O início do período chuvoso (RS_{START}) variou do final de setembro (272 DDA - dia do ano) ao início de novembro (310 DDA), com data média em 25 de outubro (298 DDA). Datas de início precoce da precipitação pluvial (< 280 DDA) foram observadas em Mato Grosso, exceto no sul desse estado, e nos estados de Rondônia, Tocantins e Goiás (Fig. 1A) em que foram observados datas posteriores (> = 300 DDA). RS_{START} precoce e RS_{END} tardios foram observados no estado de Mato Grosso, principalmente, em regiões florestais, apesar do desmatamento contínuo (Debortoli et al., 2015) nesse estado. A orientação do

início do período das águas está relacionada com as interações entre sistemas de convecção tropical e sistemas frontais de latitude média que levam ao aparecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (SACZ) durante a primavera (Gan et al., 2004). Para o estado do Mato Grosso, a data média para o início da época das águas é em meados de outubro (18/10 - 291 DDA). Debortoli et al. (2015), utilizando dados de precipitação pluvial observados, obtiveram uma data média para o início da época das águas igual a 14/10 (288 DDA) para esse estado. Para Goiás, Rondônia e Tocantins, o início do período das águas é no final de outubro (298, 300 e 301 DDA), respectivamente. Em contraste com a data de início que se estende por 6 semanas, a data do término da época das águas (R_{SEND}) ocorre dentro de um período de 3 semanas para toda a região, entre o final de março (85 DDA) e primeira quinzena de abril (109 DDA) e com uma data média no começo de abril (96 DDA) (Fig. 1B). O término da época das águas inicia-se na região sudeste (GO) e avança paulatinamente para o noroeste, com exceção do noroeste mato-grossense, onde o R_{SEND} é mais prolongado (~ 85 dias). No geral, a orientação espacial do término da época das águas é explicada pela mudança de sistemas de convecção em direção ao Norte em conexão com a Zona de Convergência Inter-Tropical (ITCZ) (Gan et al., 2004). O término do período das águas (R_{SEND}) em Goiás começa no início de abril (92 DDA) e se estende até meados de abril em Rondônia (99 DDA), Mato Grosso (101 DDA) e Tocantins (103 DDA). Essas datas estão de acordo com Debortoli et al. (2015), que obtiveram um valor médio de 95 DDA para o Cerrado do estado de Mato Grosso e 90 DDA para todo o Estado do Mato Grosso. A duração da época das águas (RSL) variou de 149 a 196 dias, com uma média de 164 dias. A maior duração do período das águas ocorreu no centro norte-sul (Mato Grosso), diminuindo em direção ao sudeste (Goiás), com orientação noroeste a sudeste (Fig. 1C). A duração média do período das águas no Mato Grosso foi de 175 dias, maior do que no Tocantins (168), Rondônia (164) e Goiás (159). A RSL está correlacionada com o início (negativamente) e o término (positivamente) do período das águas, conforme expresso pela orientação do noroeste para o sudeste. A precipitação pluvial total na época das águas (R_{STPA}) variou de 1.038 a 1.723 mm, com um valor médio de 1.328 mm para toda a região, geralmente adequada para a prática agrícola. Consistente com os dados do RSL, a precipitação pluvial média em Mato Grosso foi a mais alta (1.507 mm), seguida por Tocantins (1.420 mm), Rondônia (1.295 mm) e Goiás (1.254 mm). Notavelmente, o fato de o sul e leste da área de estudo serem mais secos do que as áreas norte e oeste (Fig. 1D), segue a distribuição espacial da vegetação natural (savanas estão localizadas nas regiões sul e leste, enquanto florestas tropicais estão no norte e oeste). O maior valor de precipitação pluvial é encontrada no centro norte de Mato Grosso, na Serra do Cachimbo (Fig. 1D).

O número médio de dias secos durante o período das águas (RS_{NDD}) variou amplamente, de 39 a 133 dias, com uma média de 69 dias em toda a área de estudo. O maior número de dias secos está concentrado no norte e centro-leste de Mato Grosso (Fig. 1E). O RS_{NDD} médio nesse estado é de 82 dias. O fato de Mato Grosso ter a maior duração do período das águas (ou seja, a maior RSL) explica, pelo menos em parte, por que ele tem a maior média de RS_{NDD} . Por outro lado, os estados de Rondônia, Goiás e Tocantins apresentaram um menor número de dias secos, com valores médios de RS_{NDD} de 72, 69 e 51 dias, respectivamente. Consistente com a variação espacial no número de dias secos, o maior número de dias úmidos é observado na região nordeste, principalmente no Tocantins (Fig. 1F), diminuindo em direção ao



sul.

Figura 1. Valores médios das variáveis para o período das águas. (A) início do período das águas (RSSTART, no DDA - dia do ano); (B) término do período das águas (RSEND, no DDA); (C) duração do período das águas (RSL, em dias); (D) quantidade total de precipitação pluvial no período das águas (RSTPA, em mm); (E) número de dias secos (RSNDD, em dias); e (F) número de dias úmidos (RSNWD, em dias).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Geralmente, quando o período das águas começa mais cedo, ele tende a terminar mais tarde, resultando em uma estação chuvosa mais longa. Isso permite o cultivo de duas safras de culturas diferentes do tradicional soja e milho. Entretanto, quando o período das águas se inicia mais tarde, resulta em uma estação chuvosa mais curta, limitando a escolha da segunda cultura

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG - PRONEM/FAPEG/CNPq), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Edital Universal - Processo - 408025/2018-2) e Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CONAB, 2018. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v.5, SAFRA 2017/18 - n. 9. p.1-178. <https://www.conab.gov.br>.

DEBORTOLI, N. S.; Dubreuil, V.; Funatsu, B.; Delahaye, F.; Oliveira, C. H. de; Rodrigues-Filho, S.; Saito, C. H.; Fetter, R. 2015. Rainfall patterns in the Southern Amazon: a chronological perspective (1971–2010). **Climatic Change**. 132 (2): 251–264. doi: 10.1007/s10584-015-1415-1.

DELERCE, S. Dorado H, Grillon A, et al (2016) Assessing Weather-Yield Relationships in Rice at Local Scale Using Data Mining Approaches. **PLoS One** 11:e0161620 . doi: 10.1371/**journal.pone**.0161620.

GAN MA, Kousky Ve, Ropelewski Cf. 2004. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. *J. Climate* 17: 47–66.

LIEBMANN, B. I. Bladé, g. N. Kiladis, l. M. Carvalho, g. B. Senay, d. Allured, s. Leroux, c. Funk (2012), Seasonality of African precipitation from 1996 to 2009, *J. Clim.*, 25(12), 4304–4322.

MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO PARA O MUNICÍPIO DE FLORESTA SERTÃO DO BAIXO PAJEÚ – PE

Carlos André Alves de Souza¹; Maria Gabriela de Queiroz²; Pabrcício Marcos Oliveira Lopes¹; Thieres George Freire da Silva³

Autor para correspondência: carlosandre08_@msn.com

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco; ²Universidade Federal de Viçosa; ³Unidade Acadêmica de Serra Talhada

RESUMO

Para mapear as classes de uso e cobertura do solo, no município de Floresta, no sertão do baixo Pajeú - PE, a partir da combinação de técnicas de sensoriamento remoto, utilizou-se imagens do Landsat-7 e Landsat-8, para os anos de 2000 e 2014. Por meio do software QGIS, onde foi utilizada a composição colorida associada as bandas 5, 4 e 3 aos canais R (Red), G (Green) e B (Blue). Para o refinamento das imagens utilizou-se a técnica de fusão de bandas, para facilitar a coleta de amostras de treinamento na etapa de classificação supervisionada das imagens. Os resultados permitiram identificar e quantificar a diminuição das áreas de Caatinga densa, rala e água, na ordem de 7,76 %, 38 % e 1,28 % respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga; Landsat - 8; Sensoriamento remoto

MAPPING OF THE SOIL USE AND COVERAGE FOR THE FOREST MUNICIPALITY, SERTÃO DO BAIXO PAJEÚ - PE

ABSTRACT

In order to map the classes of land use and land cover, in the municipality of Floresta, in the lower Pajeú-PE sertão, using the combination of remote sensing techniques, Landsat-7 and Landsat-8 images were used for the years of 2000 and 2014. Using the QGIS software, the color composition associated with bands 5, 4 and 3 was used for the R (Red), G (Green) and B (Blue) channels. For the refinement of the images the band fusion technique was used to facilitate the collection of training samples in the supervised classification of the images. The results allowed to identify and quantify the reduction of dense Caatinga, sparse and water, in the order of 7.76%, 38% and 1.28%, respectively.

KEY-WORDS: Caatinga; Landsat - 8; Remote sensing

INTRODUÇÃO

Em países com vastas áreas continentais como o Brasil, a utilização, representação e caracterização dos mapas de uso e cobertura da terra na forma digital, tornam-se indispensável.

A cobertura do solo pode ser estudada por meio de sensoriamento remoto, em que, estudos deste tipo interessam em toda a sociedade, pois além de monitorar os possíveis impactos ambientais, pode ser feito o acompanhamento do desenvolvimento socioeconômico em escala local e regional (LOPES, 2013).

A região semiárida, ocupada predominantemente pelo bioma Caatinga, vem sendo exposta a intensos processos de degradação pelo avanço da pecuária, (Nogueira e Simões, 2009). A situação se agravou ao longo dos anos pelo uso incorreto das suas terras, submetidas à exploração predatória, desmatamentos e queimadas.

O sensoriamento remoto enquanto ferramenta importante no desenvolvimento da ciência permite identificar parâmetros biofísicos à superfície relacionados ao clima a partir de imagens orbitais e dados complementares de superfície, desempenhando papel importante no monitoramento de pequenas e grandes áreas (DEVRIES et al., 2015).

Um caráter vantajoso do sensoriamento remoto, motivo pelo qual é bastante usado como ferramenta, é a agregação de informações de áreas com pequenas e grandes extensões, com diferentes resoluções espaciais e temporais, a partir disso, é possível realizar o acompanhamento e monitoramento espaço-temporal, verificando focos de queimada, recursos hídricos e alterações no uso do solo de determinada área (SANTOS, et al., 2014).

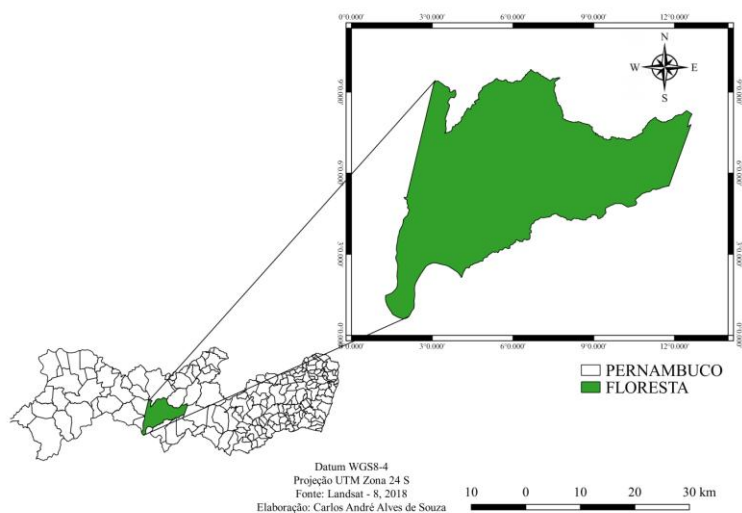
OBJETIVOS DO TRABALHO

Diante do exposto acima o presente estudo tem como objetivo mapear as classes de uso e cobertura do solo, no município de Floresta, no sertão do baixo Pajeú - PE, a partir da combinação de técnicas de sensoriamento remoto, com imagens do Landsat-7 e Landsat-8, para os anos de 2000 e 2014.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Floresta possui uma área de aproximadamente de 3.643,970 km². Situa-se entre as coordenadas geográficas: -8° 36' 03" Latitude Sul e -38° 34' 04" Longitude Oeste Figura 1. Localizado no Estado de Pernambuco, inserido na bacia do Rio São Francisco e do Rio Pajeú.

Figura 1- Localização da área de estudo do município de Floresta, PE.



A série temporal das imagens selecionadas para o desenvolvimento do trabalho foi conforme a disponibilidade de imagens de boa qualidade, sem cobertura de nuvens e imagens do mesmo período (chuvoso).

O registro das imagens foi feito no software QGIS 2.18.22, em que, para uma melhor visualização e interpretação, utilizou-se da composição colorida. Esta composição foi associada às bandas 5, 4 e 3 aos canais R, G e B no qual, que é baseado nas cores vermelha (Red), verde (Green) e azul (Blue).

Para o refinamento das imagens utilizou-se a técnica de fusão de bandas, buscando-se assim, melhorar a qualidade visual e destacar as feições que interessavam ao trabalho. Dessa maneira, a coleta de amostras de treinamento na etapa de classificação das imagens foi facilitada.

A etapa de classificação foi realizada em dois momentos: o treinamento e a classificação digital supervisionada.

Posteriormente, por meio do mapeamento do uso e cobertura do solo foram elaborados os mapas temáticos para dois períodos distintos, 2000 e 2014. As imagens classificadas foram transformadas em vetores do tipo poligonal, com o objetivo de obter o resultado da área dos polígonos de cada classe. Após, os vetores foram unidos, no qual permitiu a formação de mapas temáticos para toda área do município.

A partir dos resultados do mapeamento das classes de uso e cobertura do solo, iniciou-se a análise dos resultados, buscando analisar a expansão ou retração das áreas para o município de Floresta, PE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

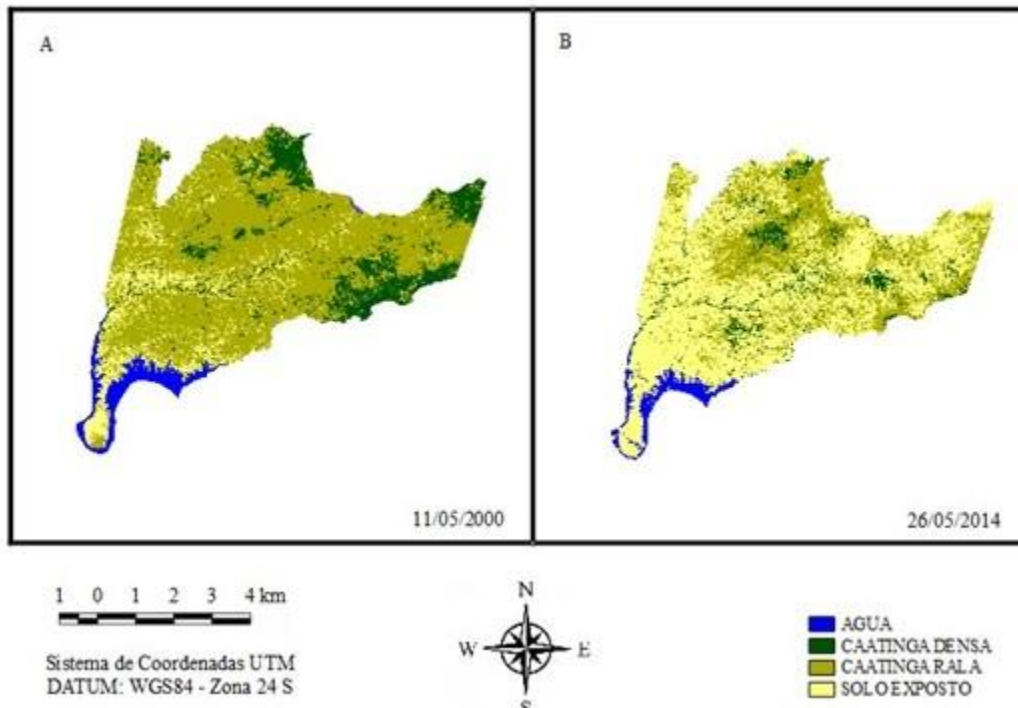
A análise dos resultados na tabela 1 e no mapa do uso do solo figura 2 demonstram que as áreas de Caatinga rala em 2000, já ocupavam uma área de 2.507,51 km², (68,80%) da área do município, as áreas de Caatinga densa representava uma faixa expressiva de 513,07 km², (14,08%), as áreas de solo exposto ocupavam uma área de 432,17 km², (11,86%) e 191,67 km², (5,26%) de água, totalizando os 100% da área do município.

Tabela 1 - Alterações do uso solo do município de Floresta, PE, entre os anos de 2000 – 2014.

Classes de uso do solo	2000		2014		Alterações (%) do uso do solo 2000 - 2014
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Água	191,67	5,26	145,00	3,98	- 1,28
Caatinga densa	513,07	14,08	230,30	6,32	- 7,76
Caatinga rala	2.507,51	68,80	1.122,34	30,80	-38,00
Solo exposto	432,17	11,86	2.146,30	58,90	+ 47,04
Totais	3.644,42	100	3.643,94	100	- 1,28

Para o ano de 2014, ratifica-se o aumento das áreas com solo exposto no município e a consecutiva retração das áreas de Caatinga densa e Caatinga rala, sendo possível verificar que as mesmas tiveram uma redução de 7,76% e 38% respectivamente, o que totalizou uma perda de 45,76% de vegetação para o período de 2000 a 2014.

Figura 2 - Uso e cobertura do solo para o município de Floresta, PE nos anos de 2000 e 2014.



Esse fato pode ser explicado pela retirada indiscriminada de madeira sem qualquer plano de manejo adequado ou desmatamento, seja para carvoaria ou subsistência. Outro fator também que evidenciou a supressão de vegetação, é a necessidade das obras da transposição do Rio São Francisco do eixo leste, que vai de Floresta - PE a Monteiro - PB, num percurso de 220 km e que já desmatou 430 ha para dar lugar aos canais, reservatórios, canteiros de obra, estradas de serviço e locais de extração de terra e pedra.

Sousa et al. (2008), estudando a vegetação semiárida do município de Boa Vista, na Paraíba, observaram que a cobertura florestal sofreu redução também ao longo dos anos estudados, sendo relacionados com o elevado uso das terras para pecuária extensiva e pela falta de renda da população rural, a qual, por falta de melhores alternativas energéticas, utiliza a vegetação na forma de lenha.

A classe água que engloba todos os corpos hídricos superficiais, também apresenta uma redução de 1,28%, podendo está relacionado ao desmatamento das matas ciliares e conseqüentemente ao assoreamento dos rios, córregos e riachos.

Toda esta região Semiárida vem sofrendo nos últimos anos com períodos de estiagem, o que compromete ainda mais o reabastecimento dos corpos hídricos.

O aumento de 47,04% de solo exposto que se dá para esta classe durante o período de 2000 a 2014, está relacionada com o desmatamento para implantação de áreas agrícolas, pastagens e, posteriormente, abandonadas. Tal fato contribui com o aumento das áreas degradadas e susceptíveis à erosão dos solos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados permitiram identificar e quantificar a diminuição das áreas de Caatinga densa, rala e água, na ordem de 7,76 %, 38 % e 1,28 % respectivamente.

O uso do solo oriundo das atividades antrópicas tem modificado a paisagem e vem trazendo impacto negativo na conservação das áreas de Caatinga.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecer a CAPES e a FACEPE pelo apoio financeiro, e a Universidade Federal Rural de Pernambuco.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

DEVRIES, Ben, et al. Robust monitoring of small-scale forest disturbances in a tropical montane forest using Landsat time series. **Remote Sensing of Environment**, v.161, p. 107-121, 2015.

LOPES, Hélio L, et al. Mapeamento de áreas aluvionares no semiárido brasileiro por meio de dados colaterais e imagens orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.17, n.7, p.763–769, 2013.

NOGUEIRA, Francisco Roserlândio Botão; SIMÕES, Sara Vilar Dantas. Uma abordagem sistêmica para a agropecuária e a dinâmica evolutiva dos sistemas de produção no nordeste semiárido. **Revista Caatinga**, Mossoró, RG, v. 22, n. 2, p. 1-6. Abri. /Jun. 2009.

SANTOS, José Yure G. dos, et al. Assessment of land use change on the streamflow using GIS, remote sensing and physically-based model. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, Bolonha, Italia, v. 364, p. 38-43, Junho, 2014.

SOUZA, Ridelson Farias, et al. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, RG, n. 3, jun./ago. 2008.

DETERMINAÇÃO DA LUMINOSIDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA FINS DE MANEJO

Lucas Ferreira Lima de Matos¹; Jamile Santos²; João António Neves³; Hildeu Ferreira da Assunção¹
Autor para correspondência: lf4186562@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí; ²Empresa Agroflorestal; ³Empresa BRK

RESUMO

Os sistemas agroflorestais devem ser planejados de forma que as espécies arbóreas sejam heliófilas, enquanto que as dos estratos inferiores (sub-bosque) sejam tolerantes a sombra (umbrófilas). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é um elemento importante no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, atuando nos processos fisiológicos como fotossíntese, transpiração e respiração, cujo monitoramento auxilia na tomada de decisões para cultivo e manejo adequados. Assim, O objetivo deste trabalho foi medir a fração da radiação fotossinteticamente ativa transmitida dentro de quatro sistemas agroflorestais (SAF) de 100 metros quadrados, implantados há 5,4,3 e 2 anos respectivamente. Os cultivos de base agroecológica foram implantados no Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CIAgro) da UFG/REJ, em 2014, 2015, 2016 e 2017. As medidas foram tomadas, em 22/03/2019, (antes poda de manejo) e 11/04/2019 (após o manejo), usando um Sensor Quântico Linear, dentro e fora do sistema, nos níveis 0, 40 e 130 cm, em 10 repetições, entre 9h e 15h. Posteriormente foi calculada a fração transmitida. Os primeiros resultados mostraram que as frações da radiação fotosinteticamente transmitidas foram maiores no SAF de 2 anos, seguido pelo SAF de 5 e 3 anos. O SAFs de 4 anos mostrou-se mais denso à entrada de luz, uma vez que este ainda se encontra em fase de pleno desenvolvimento. Após a primeira tomada de dados, procedeu-se com as podas de manejo nos SAFs de 3, de 4 e de 5 anos, buscando equilibrar a entrada de luz, principalmente no sistema mais fechado. Com estas ações a radiação solar foi redistribuída nos diferentes estratos vegetais ocupados pelos componentes florestais. Com isso, se concluiu que a medida da porção transmitida da radiação solar fotossinteticamente ativa serviu como indicador para um melhor manejo de redistribuição da luz dentro dos SAFs.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação fotossinteticamente ativa; Estratificação florestal; Sensor quântico

DETERMINATION OF LUMINOSITY IN AGROFORESTRY SYSTEMS FOR MANAGEMENT PURPOSES

ABSTRACT

Agroforestry systems should be designed so that tree species are heliophilous, while those of lower extracts (understory) are shade tolerant (umbrófilas). Photosynthetically active radiation (RFA) is an important element in plant growth and development, acting on physiological processes such as photosynthesis, transpiration and respiration, the monitoring of which assists in making decisions for proper cultivation and management. Thus, the objective of this work was to measure the fraction of photosynthetically active radiation transmitted within four agroforestry systems (SAF) of 100 square meters, implanted for 5,4,3 and 2 years respectively. The agroecological-based crops were implanted at the Technological Vocational Center in Agroecology (CIAgro) of UFG / REJ. The measurements were taken on 03/22/2019 (before management pruning) and 11/04/2019 (after handling), and with Linear Quantum Sensor, inside and outside the system, at levels 0, 40 and 130 cm, in 10 repetitions, between 9h and 15h, and later calculated the fraction transmitted. Preliminary results showed that the fractions of the photosynthetically transmitted radiation were higher in the newer APS, followed by the older and smaller APS in the intermediate SAFs, since the latter are in full development phase. After the first data collection, management prunings were made in SAFs of 2 and 3 years, seeking to balance the light input in the two most closed systems. With these actions

the solar radiation was redistributed in the different vegetal extracts occupied by the forest components. In this way, the interception profile of the photosynthetically active solar radiation facilitated the management of the species within the SAFs.

KEY-WORDS: Photosynthetically active radiation; Forest stratification; Quantum sensor

INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais são formas de produção de alimentos e ao mesmo tempo de conservação e recuperação de ambientes degradados ou em processo de degradação (Marcelle Nardele e Igor Conde, Apostila Sistemas Agroflorestais). O processo de autofertilização é feito de forma natural com os próprios recursos que o sistema oferece, a partir de podas das árvores, adubação verde e ciclagem de nutrientes típica das florestas. Nesse sistema não é comum o uso de defensivos e adubos químicos, já que a natureza é responsável por manter o controle de pragas natural e disponibiliza matéria orgânica que será convertida em elementos essenciais para uma relação mutualística funcional da natureza, o que estimula a biodiversidade. Os sistemas agroflorestais devem ser planejados de forma que as espécies arbóreas sejam heliófilas, enquanto que as dos estratos inferiores (sub-bosque) sejam tolerantes a sombra (umbrófilas) (CALDEIRA, Patrícia Yamamoto Costa, 2011). A implantação de um sistema agroflorestal deve levar em conta o planejamento e execução que contribuam para o acompanhamento e manejo do sistema, para os quais devem se observar algumas características do local onde será implantado, tais como a disponibilidade hídrica, o relevo da área, a direção e intensidade dos ventos, vegetação original, histórico de uso da área e as espécies que serão utilizadas. As agroflorestas são implantadas utilizando processos biodiversos, em diferentes arranjos e combinações de espécies classificadas de acordo com o seu hábito de crescimento, porte, ciclo e exigências nutricionais. Para assegurar ao sistema um ciclo permanente de produção, reprodução e reciclagem, é aconselhável manter o SAF em constante manejo de entrada de luz para permitir que todas as espécies recebam a radiação fotossinteticamente ativa dentro das proporções exigidas em cada extrato. Como as espécies emergentes são as primeiras a interceptar a luz, as espécies de extrato alto recebem proporcionalmente a fração fotossintética e acaba bloqueando o restante da luz transmitida para as camadas de porte médio e rasteiras. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é um elemento importante no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, atuando nos processos fisiológicos como fotossíntese, transpiração e respiração, cujo monitoramento auxilia na tomada de decisões para cultivo e manejo adequados (MONTEITH, 1973). O monitoramento da RFA pode orientar o agricultor na condução do SAF para redistribuição da luminosidade para todo o sistema biodiverso e sucessional. A radiação fotossinteticamente ativa pode ser monitorada nos ambientes de SAF fazendo-se uso de um fotômetro ou luxímetro ou ainda de um sensor quântico, cujas medidas podem ser tomadas em níveis ou perfis na altura dos extratos dominantes. Geralmente tomam-se medidas fora do ambiente ou na altura do extrato emergente e dentro do sistema, procurando definir os níveis de luminosidade dentro de cada extrato (NEWMAN, 2016). Com base nas medidas fotossintéticas obtidas a campo e aquelas recomendadas para os diferentes extratos florestais, o agricultor deve iniciar o processo de manejo utilizando-se podas de condução, de desbastes ou de reconstrução (poda drástica). Dentro deste contexto, foram implantados em 2014, 2015, 2016 e 2017, no Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CVTCiagro) da Universidade Federal de Jatá, campus jatobá, módulos de 100 m² (10 x 10 m), de sistemas agroflorestais biodiversos com cerca de 45 variedades de plantas cultivadas com diversos propósitos, os quais com o tempo, necessitaram de manejo para manutenção da luminosidade interior. Assim, para um melhor indicador das porções de radiação fotossinteticamente ativa dentro da comunidade vegetada, fez-se necessário tomadas de medidas da RFA dentro dos quatro módulos.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi medir a fração da radiação fotossinteticamente ativa transmitida dentro de quatro sistemas agroflorestais (SAF) de 100 metros quadrados, implantados há 5,4,3 e 2 anos respectivamente.

MATERIAIS E MÉTODOS

As medidas foram tomadas, em 4 módulos de SAFs implantados em 2014, 2015, 2016 e 2017, no Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CVTCiagro) da Universidade Federal de Jataí, campus jatobá, com 100 m² (10 x 10 m), formados por sistemas agroflorestais biodiversos com cerca de 45 variedades de plantas cultivadas, para variados propósitos (Figura 1). Os SAFs, com o tempo, necessitaram de manejo para manutenção da luminosidade interior. Assim, cada módulo foi considerado como um bloco em delineamento casualizado. Com auxílio de um Sensor Quântico Linear (mod. LAI 90SL), onde foram tomadas 10 leituras sequenciais dentro (RFA transmitida) e fora (RFA incidente) do sistema, nos níveis 0, 40 e 130 cm, entre 9h e 15h, e posteriormente calculada as frações transmitidas ($\tau = \text{PAR}_t / \text{PAR}_i$) e submetidas à análise de variância e posterior teste de Tukey com 5% de significância. As primeiras tomadas de dados, foi feito em 22/03/2019, para posterior execução das podas de manejo, principalmente nos módulos de SAFs de 3, 4 e 5 anos, buscando a redistribuição das entradas de luz, principalmente no extrato herbáceo arbustivo. Na busca de equilíbrio de luminosidade, foram efetuadas podas dentro dos módulos, rearranjando a distribuição da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) dentro dos diferentes extratos vegetais ocupados pelos componentes agroflorestais. Após esse manejo, foram tomadas novas medidas, associadas com podas de equilíbrio, até as suas frações transmitidas ficarem estatisticamente semelhantes ao módulo de 2 anos.



Figura 1: SAFs em estudos implantados no Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CVTCiagro).

Figura 1. SAFs 1 (5 anos após a implantação), 2 (4 anos após a implantação), 3 (3 anos após a implantação) e 4 (2 anos após a implantação), utilizados neste estudo, no Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CVTCiagro/UFJ), em Jataí.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros resultados, antes da poda de manejo, mostraram que as médias das frações da radiação fotossinteticamente transmitidas eram maiores no SAFs de 2 anos (sistema mais aberto, em relação aos demais), seguidas pelos SAFs de 5 e 3 anos (Tabela 1). Como o SAF de 4 anos se encontrava em fase de

pleno desenvolvimento, a fração de luz transmitida registrada foi a menor (Tabela 1). Apesar do reconhecimento dos benefícios dos SAFs, seu conhecimento ainda são limitados e pouco utilizados. Isto representa uma oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas, para a valoração dos benefícios ambientais e de maiores incentivos econômicos que venham a estimular sua implantação. Estes mecanismos são necessários para assegurar a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais e a proteção ambiental (Jorge Risbaski, Luciano Javier e Honorino Raque, 2001).

Tabela 1: Frações médias transmitidas da radiação solar fotossinteticamente ativa medidas dentro dos módulos de SAFs, antes e após a poda de manejo.

$\tau = (\text{PAR}_t / \text{PAR}_i)$	Anos de implantação			
	2	3	4	5
SAFs 100m ²				
Pré-manejo	0,7919 a	0,3979 b	0,1956 c	0,5547 ab
Pós-manejo	0,8324 a	0,6897 a	0,650 a	0,5970 a
CV=47%	Letras iguais denotam médias iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.			

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Devido à heterogeneidade do dossel (CV=47%), as medidas da RFA tomadas instantaneamente podem sofrer interferências da estrutura do dossel, das características da vegetação, e componentes micrometeorológicos como ventos predominantes, cobertura de nuvens, práticas de manejo, entre outros. Contudo, aliando-se as podas com medidas da RFA no perfil estudado, a interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa pode ser equilibrada entre as espécies dentro dos SAFs. Práticas de podas causam a alterações da radiação solar transmitida dentro dos extratos vegetais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Jataí, campus Jatobá, Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia (CVTCiagro).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRONZATTO, R. C. 2017. Caracterização da radiação solar em extratos de sombreamento em um sistema agroflorestal de forrageiras perenes tropicais e pinus elliottii engelman. Disponível em <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/.../Rafael%20Coradini%20Bronzatto.pdf?...1>>. Acesso em 26/06/2019.

CALDEIRA, Patrícia Yamamoto Costa. Sistemas agroflorestais em espaços protegidos; Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. 1.ed atualizada. São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>.

Apostila 1- Introdução geral, classificação e breve caracterização de SAFs e práticas agroflorestais, maio 2007. Disponível em <<http://azkurs.org/apostila-1--introducao-geral-classificacao-e-breve-caracterizacao.html>>.

NEWMAN, S. M. 2016. Measurement and analysis of agroforestry experiments. Inexpensive instrumentation for monitoring PAR in agroforestry. World Agroforestry Systems. Disponível em <http://www.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/Book%2077/meteorology%20and%20agroforestry/html/inexpensive_monitoring_par.htm?n=40> Acesso: 19/06/2019.

NEWMAN, S.M. 1985. Low-cost sensor integrators for measuring the transmissivity of complex canopies to photosynthetically active radiation. *Agric. For. Meteorol.* 2: 43-47.

MONTEITH, J.L. 1973. *Principles of environmental physics*. London: Edward Arnold.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa para as bacias dos rios Doce, São Mateus e Jequitinhonha, Viçosa, 30 jun. 2010. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/5238>>. Acesso em: 28 junho 2019.

SCHWERZ et al. Plant growth, radiation use efficiency and yield of sugarcane cultivated in agroforestry systems: An alternative for threatened ecosystems. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2018) 90(4): 3265-3283.

FRAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSINTETICAMENTE ATIVA EM RELAÇÃO A RADIAÇÃO GLOBAL PARA BRASÍLIA

Lady Layana Martins Custódio; Bernardo Barbosa da Silva¹
Autor para correspondência: llmc.mtr@gmail.com

¹Universidade Federal de Campina Grande

RESUMO

A Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é uma das componentes da Radiação Global (Rg). A PAR é a fonte para o desenvolvimento das plantas e principal componente da fotossíntese. Visa-se neste trabalho estabelecer uma equação de estimativa da PAR a partir de medições da Rg para Brasília – DF, compreendendo o ano de 2011. Para isso, foram adquiridos dados de Rg (Wm^{-2}) e PAR ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$), além da umidade relativa (%) e temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), estas duas últimas variáveis foram usadas para calcular o déficit de pressão de vapor (DPV). Para a análise de desempenho dos modelos de regressão linear foram utilizados os dados de abril de 2012 a março de 2013. Todos os dados foram obtidos pelo Projeto SONDA. Os resultados mostraram que a PAR ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) pode ser obtida pela Rg (Wm^{-2}) em $2,05 \mu\text{EJ}^{-1}$ ou em $2,04 \text{EMJ}^{-1}$ para PAR em Em^{-2} e Rg em MJm^{-2} . Foi observada também que a PAR dentro do espectro solar é de 45% da radiação global. Os modelos apresentaram bom desempenho com R^2 de 0,99.

PALAVRAS-CHAVE: Fração PAR; Radiação Global; Regressão Linear

FRACTION OF PHOTOSITETICALLY ACTIVE RADIATION IN RELATION TO GLOBAL RADIATION FOR BRASÍLIA

ABSTRACT

The Photosynthetically active radiation (PAR) is one of the components of solar global radiation (Rg). PAR is the source for the development of plants and the main component of photosynthesis. The objective of this work is to establish an equation for the estimation of PAR using measurements of Rg at Brasília - DF, comprising the year of 2011. For this, data of Rg (Wm^{-2}) and PAR ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$), besides the relative humidity (%) and air temperature ($^{\circ}\text{C}$), these last two variables were used to calculate the vapor pressure deficit (DPV). For the performance analysis of the linear regression models, data from April 2012 to March 2013 were used. All data were obtained from the SONDA Project. The results showed that PAR ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) can be obtained by Rg (Wm^{-2}) at $2.05 \mu\text{EJ}^{-1}$ or at 2.04EMJ^{-1} for PAR at Em^{-2} and Rg at MJm^{-2} . It was also observed that the PAR within the solar spectrum is 45% of the global radiation. The models presented good performance with R^2 of 0.99.

KEY-WORDS: PAR fraction; solar global radiation; linear regression

INTRODUÇÃO

A Radiação Fotossinteticamente Ativa (do inglês *Photosynthetically Active Radiation* – PAR) compreende a faixa do espectro solar entre 400 nm a 700 nm e é a fonte para os processos bioquímicos e fisiológicos dos

ecossistemas naturais e agrícolas. No contexto das mudanças climáticas a PAR é uma variável importante nos estudos de produção primária bruta e no sequestro de carbono (Cley *et al.*, 2010; Ward *et al.*, 2015).

Embora a PAR tenha sua importância reconhecida, as estações automáticas em sua maioria não dispõem dessa medida. Assim, muitos pesquisadores relacionam a PAR com a Radiação Global (Rg). Muitos, porém utilizam-se dessa técnica considerando que a PAR é uma fração constante da Rg. Entretanto, existem diversos estudos que mostram que esse método necessita de calibração local, pois a fração da PAR está intimamente ligada às condições do clima local (Alados *et al.*, 2000; Alados *et al.*, 2002; Chukwujindu *et al.*, 2018). Em geral, estimam a PAR em 40% a 50% da Rg ou em $1,86 \mu\text{EJ}^{-1}$ a $2,9 \mu\text{EJ}^{-1}$ (ou EMJ^{-1}) vezes a Rg (Rg em Wm^{-2} ou em MJ).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi propor uma equação para estimar a PAR em função da Rg para a cidade de Brasília, para o ano de 2011.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de Rg (Wm^{-2}), PAR ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) foram obtidos a partir da rede SONDA (Sistema Nacional de Organização de Dados Ambientais) para a estação localizada em Brasília – DF (latitude -15,60083 e longitude de -47,71306 com altitude de 1023 m). O período de dados compreende todo o ano de 2011 e para a validação dos modelos foram utilizados dados do período entre abril de 2012 a março de 2013.

Os dados do Projeto SONDA estão disponíveis de minuto a minuto. Com essa base de dados as variáveis foram integradas para posteriormente se obter as médias diárias em MJm^{-2} para a Rg e Em^{-2} para a PAR. As relações da Rg e PAR foram feitas a partir de regressões lineares simples. O Déficit de Pressão de Vapor (DPV, kPa) foi calculado a partir dos cálculos de pressão de vapor de saturação e pressão atual do vapor. O kt foi calculado pela razão Rg e Radiação Solar no topo da atmosfera (R_0 , MJm^{-2}) (Iqbal, 1983). O kt menor de 0,3 indica céu nublado, kt entre 0,3 e 0,65 representa céu parcialmente nublado enquanto kt acima de 0,65 indica condição de céu aberto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fração da PAR

A Figura 1 mostra a evolução diária da razão PAR/Rg juntamente com os valores médios de DPV e kt. Observa-se que os maiores valores da razão ocorreram na transição do verão para a primavera, diminuindo drasticamente no inverno e voltando a aumentar na primavera. A média anual ficou em $2,06 \text{EMJ}^{-1}$ com máximo de $2,49 \text{EMJ}^{-1}$ e mínimo de $1,88 \text{EMJ}^{-1}$ (Figura 1 A). O DPV, assim como o kt, apresentam acentuada variabilidade, sendo mais nítida na variável DPV do que no índice kt (Figura 1 B). Os valores de kt variaram entre 0,2 a 0,65, sugerindo céu nublado a parcialmente nublado. Por outro lado, o DPV variou entre 1,0 kPa e 3,0 kPa, com máximo de 4,39 kPa. As curvas do DPV mostraram que a atmosfera fica mais seca (maiores valores de DPV) no inverno e início da primavera em decorrência das massas de ar seco e mais úmida no verão (menores valores de DPV) em virtude do aumento da UR. A razão PAR/Rg, embora apresente uma aparente relação com as duas variáveis, o DPV parece exercer maior influência na variação sazonal da PAR/Rg. Isso sugere que as condições de conteúdo de água na atmosfera estejam mais relacionadas com as variações da razão PAR/Rg. Essa relação é verificada em outros trabalhos (Al-Shooshan, 1997; Alados *et al.*, 2000; Alados *et al.*, 2002; Chukwujindu *et al.*, 2018). Monteith & Unsworth (2013) explicam que a radiação infravermelha é mais absorvida do que a PAR em condições de nebulosidade, no entanto, essa interação é mais intensa em nuvens com maior conteúdo de água.

Variação diária dos valores da razão PAR/Rg, DPV e kt para a estação localizada em Brasília para o ano de 2011.

Análise dos modelos de regressões

Com base nos dados instantâneos foram estabelecidos os modelos de estimativas da PAR em função da Rg e seus correspondentes coeficientes de determinação (R^2). A Figura 2 A revela que a PAR ($\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) corresponde a 2,05 μEJ^{-1} da Rg (Wm^{-2}). Valor similar também foi encontrado para PAR em (Em^{-2}) que ficou em 2,04 EMJ^{-1} da Rg em MJm^{-2} . Já o R^2 foi maior quando se utiliza os dados em $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$. Assim foi encontrado um R^2 de 0,99 para o modelo 1 da Figura 2 A e $R^2=0,94$ para o modelo 2 da Figura 2 B. Alguns trabalhos realizados no Brasil mostram valores entre 1,92 a 2,23 EMJ^{-1} (Assis & Mendez, 1989; Neto *et al.*, 2008). Dentre os estudos com valores horários se destaca o trabalho de Almeida & Landsberg (2003), que encontraram 2,12 μEJ^{-1} .

Relação linear entre Rg e PAR para Brasília no ano de 2011. A) relação instantânea com Rg em Wm^{-2} e PAR em $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ e B) relação diária com Rg MJm^{-2} e PAR em Em^{-2} .

Validação dos modelos

Para a validação dos modelos foram utilizados os dados de abril de 2012 a março de 2013. A Figura 3 apresenta a dispersão dos valores de PAR medidos e estimados pelo modelo 1 (PAR em $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ e Rg em Wm^{-2}) e modelo 2 (PAR em Em^{-2} e Rg em MJm^{-2}). Foi encontrado um R^2 de 0,99 para o modelo 1 (Figura 3 A) e de 0,96 para modelo 2 (Figura 3 B). Assim mostrando que os modelos obtêm bom desempenho na estimativa da PAR para esta localidade.

Regressão Linear entre PAR medidas e PAR modeladas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com os modelos de regressão foi possível estabelecer que a PAR em $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ pode ser estimada em 2,05 da Rg e em 2,04 da Rg com PAR em Em^{-2} . Os modelos apresentaram bom desempenho e podem ser aplicados para a cidade de Brasília ou em localidades que tenham as mesmas condições climáticas. A PAR, neste estudo, correspondeu a 45% da radiação solar global.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecemos a CAPES pela concessão de Bolsa e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALADOS, I.; OLMO, F.J.; FOYO-MORENO, I. ALADOS-ARBOLEDAS, L. Estimation of Photosynthetically Active Radiation Under Cloudy Conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, 102: 39-50, 2000.

ALADOS, I., FOYO-MORENO, I., OLMO, F. J. ALADOS-ARBOLEDAS, L. Improved Estimation of Diffuse Photosynthetically Active Radiation using two Spectral Models. **Agricultural and Forest Meteorology**, 111: 1-12, 2002.

Al-Shooshan, A. A. Estimation of Photosynthetically Active Radiation Under an Arid Climate. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 66: 9-13, 1997.

ALMEIDA, A.C. LANDSBERG, J.J Evaluating methods of estimating global radiation and vapor pressure deficit using a dense network of automatic weather stations in coastal Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, 118: 237-250, 2003.

ASSIS, F.N D. MENDEZ, M.E.G. Relação entre Radiação Fotossinteticamente Ativa e Radiação Global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 24(7): 797-800, 1989.

CHUKWUJINDU, N.S.; OGBULEZIE, J.C. ALWELL, J-J.S. Relationship between Photosynthetically Active Radiation with Global Solar Radition using Empirical Model over selected climatic zones in Nigeria. **International Journal of Physical Research**, 6(1):1-7, 2018.

CLAY, G.D.; WORRALL, F. ROSE R. Carbon Budgets of an Upland Blanket Bog Managed by Prescribed Fire. **Journal Geophysical Research**, 115:1-14, 2010.

Iqbal, M. **An introduction to solar radiation**. London, Academic Press, 390p, 1983.

MONTEITH J.L. UNSWORTH, M.H. **Principles of Envionmental Physics: Plants, Animals and The Atmosphere**. Amsterdam, The Netherlands, 2013.

NETO, A.J.S.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W.A. CARRIJO, O.A. 2008. Razão entre Radiação Fotossinteticamente Ativa e Radiação Global no Cultivo do Tomateiro em Casa-de-Vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12(6): 626-631.

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL SOB O RENDIMENTO MÉDIO DE MILHO EM CRATEÚS – CE.

Denilson Barreto da Luz¹; Carlos André Conceição Guimarães¹; Clara Alice Silva de Sousa²; Adrielle Carvalho Monteiro¹; Olavo Tavares de Souza¹
Autor para correspondência: denilsong97@gmail.com

¹UFRA; ²UEPA

RESUMO

O Região Nordeste do Brasil sofre com constantes secas e baixos índices pluviométricos ao longo do ano, sendo este um dos principais entraves na produção agrícola e pecuária da região. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) no rendimento médio de milho no município de Crateús, maior produtor do estado do Ceará. Para o estudo, foram utilizadas as variáveis climáticas de precipitação e temperatura média anual e rendimento médio da produção de milho, sendo analisados e observados os anos de ocorrência do El Niño e La Niña, numa faixa temporal de 10 anos (2007-2016). As análises foram realizadas através de estatística descritiva. O rendimento médio de milho no período analisado foi de 705,6 kg/ha, com pico de produtividade em 2011 (1.764 kg/ha), ano com o segundo maior volume de chuva acumulado (958,7 mm), sobre efeitos do La Niña. O pior rendimento médio (29 kg/ha), foi em 2010, ano de ocorrência do El Niño, com alta temperatura média (28,4 °C) e baixa precipitação total (440,6 mm).

PALAVRAS-CHAVE: Produtividade; Zea mays L.; Mudanças Climáticas

INFLUENCE OF EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION UNDER AVERAGE CORN GRAIN YIELD IN CRATEÚS - CE.

ABSTRACT

The Northeast Region of Brazil suffers from constant droughts and low rainfall rates throughout the year, and this is one of the main obstacles to agricultural and livestock production in the region. The objective of this work was to evaluate the influence of the phenomenon El Niño Southern Oscillation (ENSO) on maize yields in the municipality of Crateús, largest producer in Ceará. For this purpose, were analyzed through descriptive statistics over a 10-year time span (2006-2017) the climatic variables of precipitation and average annual temperature and average yield of maize, in order to verify the influence of the El Niño and La Niña. The average yield of maize in the analyzed period was 705,6 kg/ha, with peak productivity in 2011 (1.764 kg/ha), coinciding to the second largest accumulated rainfall (958,7 mm), under the effects of La Niña. The worst average yield (29 kg/ha) was in 2010, year of El Niño, followed by a high average temperature (28,4 °C) and low total precipitation (440,6 mm).

KEY-WORDS: Productivity; Zea mays L.; Climate changes

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é a principal planta comercial produzida e consumida no mundo, sendo importante devido as diversas formas de sua utilização que permeia desde a alimentação animal até a indústria de alta

tecnologia (PAES, 2006). O Brasil, com a grande expressividade no mercado global de grãos, é o maior produtor da América Latina, totalizando uma produção de 97.721.860 toneladas de milho em grão (IBGE, 2017).

No Nordeste, a produção de milho ainda é pequena quando comparada as outras regiões, sendo responsável por cerca de 23,8% do milho produzido no País, ficando à frente apenas da Região Norte (5,55%). O estado do Ceará é o 4^a maior produtor de milho do Nordeste, com produção estimada em 373.425 toneladas, no qual se destaca o município de Crateús com 16.288 toneladas produzidas, levando o primeiro lugar em produção do estado, segundo dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017).

As culturas agrícolas no Nordeste sofrem impacto direto das condições climáticas, pois é uma região considerada semiárida, que apresenta variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano (Azevedo et al., 1998). Portanto, conhecimento da relação solo-planta-atmosfera é crucial dentro da agricultura, sendo as condições edafoclimáticas fatores influentes no pleno desenvolvimento das plantas. É necessário, portanto, o estudo e análise de séries históricas de dados meteorológicos para determinar as melhores decisões a serem tomadas em campo.

O fenômeno atmosférico-climático El Niño-Oscilação Sul (ENOS), impacta diretamente a agricultura brasileira, em destaque para o norte do Nordeste. O ENOS é descrito em dois tipos, de acordo com a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico, que são o El Niño (quando há aquecimento anormal da TSM), e a La Niña (quando há o resfriamento anormal da TSM) (CUNHA et al., 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos do El Niño e La Niña no rendimento médio de milho, em Crateús – CE, no período de 2007 a 2016.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Crateús está localizado na mesorregião dos Sertões Cearenses, nas coordenadas 05° 10' 42" S; 40° 40' 39" W. O clima é tropical, sendo do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, tendo temperatura média é 26,3 °C e precipitação média anual de 785 mm (Alvares et al., 2014).

Os dados de rendimento médio da cultura de milho em Crateús, no período de 2007 a 2016, foram retirados do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados meteorológicos históricos de precipitação e temperatura média anual foram obtidos da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, instalada no município, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

No período analisado, foram observados os anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña. Os dados foram obtidos no banco de dados do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), avaliando a influência desses fatores no rendimento médio da cultura de milho.

Os valores estimados de precipitação total, temperatura média e rendimento médio da cultura no município de Crateús foram analisados através de estatística descritiva, nos anos de 2007 a 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a interferência do clima na produtividade da cultura, o milho tem boa resistência a períodos de seca, se adaptando a climas quentes e úmidos, tendo seu cultivo em regiões onde a precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais (Magalhães et al., 2002).

Dentro do período analisado, a precipitação total (PP) atingiu seu valor máximo nos anos de 2008 (932,7 mm), 2009 (1.107 mm) e 2011 (958,7 mm), sendo os anos que a PP passou dos 700 mm acumulados. Em

contrapartida, os anos que tiveram os menores índices de PP foram 2010 (440,6 mm), 2012 (221,6 mm) e 2013 (436,5 mm). Dentre os anos com os maiores índices de PP, o fenômeno La Niña ocorreu em 2008 e 2011, e apenas 2009 não teve influência de eventos climáticos ligados ao ENOS. Já nos anos supracitados que obtiveram os menores índices de PP apenas no ano de 2010 houve a ocorrência do El Niño, sendo 2012 e 2013 anos neutros (Figura 1a).

Em relação a temperatura do ar (T média), as maiores médias foram observadas nos anos de 2010 (28,4° C), 2012 (28,5° C), 2013 (28,4° C) e 2016 (28° C), onde nos anos de 2010 e 2016 foi observado a ocorrência do El Niño. Já a menor média foi registrada em 2011 (26,6° C), sendo o ano que ocorreu a La Niña (Figura 1a).

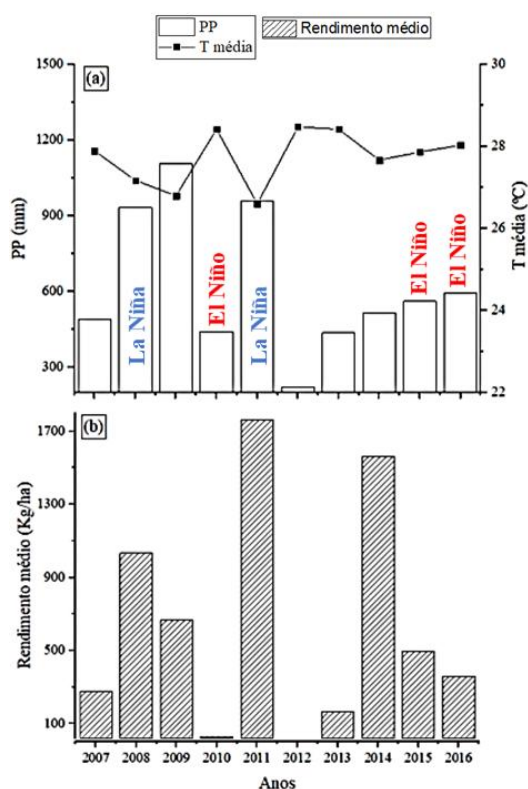


Figura 1 – Variabilidade ao longo dos anos das condições climáticas e rendimento médio do milho no município de Crateús. Em (a) dados climáticos de precipitação total (PP) e temperatura média (T média) de Crateús no período de 2007 a 2016, em (b) dados do rendimento médio de produção (kg/ha) no mesmo período. Acima dos anos, identificação da ocorrência de El Niño e La Niña.

Os dados de produtividade do milho em grão em Crateús nos 10 anos analisados, tiveram média de 705,6 kg/ha, sendo que não foi computado informações referentes ao ano de 2012 no banco de dados do IBGE. Nos anos de 2008, 2011 e 2014 foram observados os maiores rendimentos médios na colheita do milho, alcançando 1.033, 1.764 e 1.562 kg/ha, respectivamente (Figura 1b). Em contrapartida, os menores índices de rendimento médio ocorreram nos anos de 2007 (277 kg/ha), 2010 (29 kg/ha), 2013 (164 kg/ha) e 2016 (360 kg/ha) (Figura 1b).

Observou-se que a produtividade da cultura do milho teve uma queda de, aproximadamente, 95,6% de 2009 para 2010, tal fato pode estar associado ao baixo índice de PP registrada (440,6 mm) em 2010, em virtude da ocorrência do El Niño, visto que o milho precisa de 600 mm de quantidade de água consumida durante seu ciclo (Magalhães et al., 2002). Porém, no ano de 2011, com PP de 958,7 mm, onde ocorreu a La Niña, a produção aumentou em relação a 2010.

O Nordeste é atingido por secas prolongadas e períodos de estiagens frequentes, que afetam significativamente a produção agrícola. O milho é uma das culturas mais afetadas pela variabilidade do regime pluviométrico no que diz respeito ao déficit hídrico, sendo importante uma visão aguçada as diferentes formas de manejo da cultura, com foco especial para os sistemas de irrigação, portanto, é imprescindível o estudo das variáveis climáticas.

Segundo Bergamaschi et al. (2014) a necessidade ou não de irrigação se atrela a esses estudos, já que fornecem suporte para tomadas de decisões e planejamento da agricultura irrigada envolvendo o milho em condições de seca, já que esta assola grande parte dos estados do Nordeste. Nos últimos anos, a cultura do milho no município pode não ter sentido tanto os efeitos do El Niño devido ao uso da irrigação, que vem se tornando mais frequente, pois, segundo pesquisa feita por Ide e Silva (2017), sobre a demanda de água de comunidades rurais associadas ao Projeto de Integração do Rio São Francisco, que inclui Crateús na área de estudo, os projetos de irrigação vem se expandindo nessa região.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- A produtividade de milho em Crateús é influenciada pelos eventos climáticos do ENOS, estando associadas a outros fatores relacionados ao manejo da cultura;
- O maior rendimento médio foi em 2011, ano de ocorrência do La Niña e com o segundo maior índice de PP (958,7 mm), acima da média do município (785 mm);
- No ano de 2010 observou-se a 2ª maior temperatura média (28,4 °C) e o 3º menor índice de PP (440,6 mm), o rendimento médio atingiu seu pior resultado de, aproximadamente, 29kg/ha.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728

AZEVEDO, P.V., B.B. da Silva; M.F.G. Rodrigues, 1998. Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará. **Rev. Bras. de Meteor.**, v. 13, no. 1, 19-30.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. Porto Alegre:

Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p. il.

BRASIL. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Ed.). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 15 junho 2019.

CUNHA, G. R. **O fenômeno El Niño - Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do sul do Brasil**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2017. 10 p.

IDE, A. K.; SILVA, C. L. da. Demanda de água para irrigação das comunidades rurais associadas ao Projeto de Integração do Rio São Francisco. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 249-260, ago. 2017. ISSN 2175-6813. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/ojs/reveng/article/view/672/447>>. Acesso em: 17 jun. 2019. doi:<https://doi.org/10.13083/reveng.v25i3.748>.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/> >. Acesso em: 15 jun. 2019.

MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. Circular Técnica n. 22. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA – Milho e Sorgo, Dez. 2002.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <https://www.noaa.gov/> >. Acesso em: 15 jun. 2019.

PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Circular Técnica n. 75. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA – Milho e Sorgo, Dez. 2006.

UTILIZAÇÃO DE MODELO SIGMOIDAL PARA CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA EM FUNÇÃO DOS GRAUS DIAS

Gabriel Italo Novaes da Silva¹; Marcondes de Sá Souza²; Cleber Pereira Alves²; Carlos André Alves de Souza³; Thieres George Freire da Silva⁴

Autor para correspondência: gabrielitalo.novaes@gmail.com

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ³Doutorando em Engenharia Agrícola (UFRPE), Recife, PE; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO

A adoção de modelos matemáticos proporciona uma simulação para o crescimento e produtividade das culturas, buscando uma melhor eficiência e sucesso na produção agrícola. Nesse contexto, objetivou-se analisar a aplicação de um modelo sigmoidal de três parâmetros sobre o crescimento da palma forrageira em função dos graus dias acumulados (GDA, °Cdias). O experimento foi realizado em blocos casualizados com quatro repetições e quatro tratamentos, sendo palma exclusiva com e sem cobertura morta; e palma consorciada com e sem cobertura morta. O clone de palma utilizado foi a Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) e o consórcio com o milheto (*Pennisetum glaucum*). Ao longo do experimento foram realizadas 18 biometrias para contabilizar o número de cladódios de 1ª, 2ª e 3ª ordem, aplicando-se um modelo sigmoidal em função do GDA. Quando analisado o tempo de emissão e a quantidade do número de cladódios de 1ª, 2ª e 3ª, a palma quando consorciada e com utilização de cobertura morta, necessitou de uma maior quantidade de graus dias para dar início a emissão de cladódios, porém foi a que obteve o maior número de cladódios de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Com isso, a cobertura morta e o consórcio apresentaram-se como um manejo eficiente para aumentar o número de cladódios da palma forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: modelos; *Opuntia stricta*; cobertura morta

USE OF THE SIGMOIDAL MODEL FOR FORAGE CACTUS GROWTH IN THE FUNCTION OF THE DEGREES DAYS

ABSTRACT

The adoption of mathematical models provides a simulation for crop growth and productivity, seeking better efficiency and success in agricultural production. In this context, the objective of this study was to analyze the application of a three-parameter sigmoidal model on forage cactus growth as a function of accumulated degrees days (GDA, °Cdias). The experiment was carried out in a randomized complete block with four replications and four treatments, being exclusive palm with and without mulch; and palm intercropped with and without mulch. The palm clone used was the Mexican Elephant Ear (*Opuntia stricta*) and the consortium with millet (*Pennisetum glaucum*). During the experiment, 18 biometrics were performed to account for the number of cladodes of 1st, 2nd and 3rd order, applying a sigmoidal model as a function of GDA. When analyzed the time of emission and the number of cladodes of 1st, 2nd and 3rd, the palm when intercropped and with the use of mulch, required a greater number of degrees days to start the cladodes emission, however it was the which obtained the highest number of cladodes of 1st, 2nd and 3rd order. Thus, the mulch and the consortium were presented as an efficient management to increase the number of cladodes of the forage cactus.

KEY-WORDS: models; *Opuntia stricta*; mulch

INTRODUÇÃO

A utilização de modelos matemáticos para simulação de crescimento e desenvolvimento das culturas são essenciais para buscar uma melhor eficiência no cultivo, buscando proporcionar um sucesso na produção agrícola, em função da correta tomada de decisão (MARIN; JONES, 2014). Essa ferramenta, ou modelos, proporcionam aos produtores e aos consultores agrícolas o entendimento do comportamento das diferentes culturas, quando estão submetidas em diferentes regiões e manejos (BATISTA et al., 2013).

O semiárido brasileiro é uma região que apresenta uma alta demanda atmosférica e uma baixa precipitação pluvial, bem como sua má distribuição. Essas características tornam-se aspectos negativos em relação a produção de forragem, principalmente em relação à quantidade (DINIZ et al., 2017). Para contornar tais situações, se faz necessário a utilização de culturas que sejam adaptadas a essas condições, juntamente com o uso de práticas agrícolas que proporcionem uma maior potencialização dessas culturas.

A palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) é uma das culturas de grande importância para o semiárido brasileiro, com destaque principal na alimentação animal (DINIZ et al., 2017). É uma espécie que apresenta características fisiológicas favoráveis, como Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), vacúolos grandes e cutícula espessa, apresentando alta eficiência no uso de água. Porém essa cultura pode apresentar diferentes resultados quanto ao seu crescimento devido ao manejo empregado, tais como a irrigação, cobertura morta e consórcio com outras culturas (DINIZ et al., 2017), implicando em diferentes resultados de unidades térmicas (graus-dias), que é uma energia exigida pela cultura para estabelecer o seu desenvolvimento.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicação de um modelo sigmoidal de três parâmetros sobre o crescimento da palma forrageira em função da unidade térmica (graus-dia).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE/UAST, no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológico de Palma e Outras Plantas Forrageiras, situado no município de Serra Talhada, PE. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo BSW_h, que se enquadra como tropical seco, com uma umidade relativa do ar de 62,5%, temperatura média de 28,8 °C, precipitação pluviométrica de 642,1 mm ano⁻¹ e uma demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano⁻¹.

A área foi implantada em julho de 2016 em um solo classificado como um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico Típico. O material vegetativo utilizado foi o clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), com um espaçamento de 1,6 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas, e o milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) cultivar BRS 1501 foi semeado em fevereiro de 2017, e a cultivar IPA Bulk – 1 em setembro de 2017, com uma profundidade de 0,05 m e espaçamento de 0,20 m da cultura principal.

O período experimental foi compreendido pelo primeiro ciclo da palma forrageira (janeiro de 2017 a junho de 2018). Sendo composto por um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos. Sendo os tratamentos palma sem cobertura (Ps), palma com cobertura (Pc), palma-milho sem cobertura (PMs) e palma-milho com cobertura (PMc).

A cobertura morta utilizada foi composta de capim corrente (*Urochloa mosambicensis*), colocando 19,5 t ha⁻¹ em cada parcela. O experimento foi irrigado três vezes por semana, nas segundas, quartas e sextas-feiras, com água proveniente de um poço artesiano, através de um sistema de gotejamento. O manejo de irrigação

foi baseado em 120% da Evapotranspiração da Cultura (ETc), levando com base o coeficiente da cultura (kc) de 0,52 e a evapotranspiração de referência (ET₀).

Durante o experimento foram realizadas mensalmente campanhas biométricas, totalizando 18, para obtenção das características morfológicas da planta, como o número de cladódios de 1^a, 2^a e 3^a ordem (NC1, NC2 e NC3, respectivamente). A partir do processamento dos dados, as variáveis analisadas foram ajustadas a um modelo de equação sigmoidal de três parâmetros, levando em consideração os graus dias acumulados (GDA, °Cdias), calculado a partir da temperatura média do ar menos a temperatura base, que para a palma forrageira é de 22 °C.

$$Y = \frac{a}{1 + \exp\left(-\left(\frac{GDA - X_0}{b}\right)\right)} \quad \text{Eq. (13)}$$

em que: a – valor da máxima emissão de cladódios; GDA – graus dias acumulados; X₀ – número de graus dias acumulados para iniciar a máxima emissão de cladódios; b – número de GDA necessário para iniciar o crescimento rápido, caracterizando a 2^a fase.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para aplicação do modelo sigmoidal para o número de cladódios (Figura 1) conforme o surgimento por ordem (1^a, 2^a e 3^a, nessa ordem), o modelo aplicado apresentou-se significativo (p < 0,05) para os tratamentos de palma solteira com e sem cobertura morta e palma consorciada com milho com e sem cobertura morta.

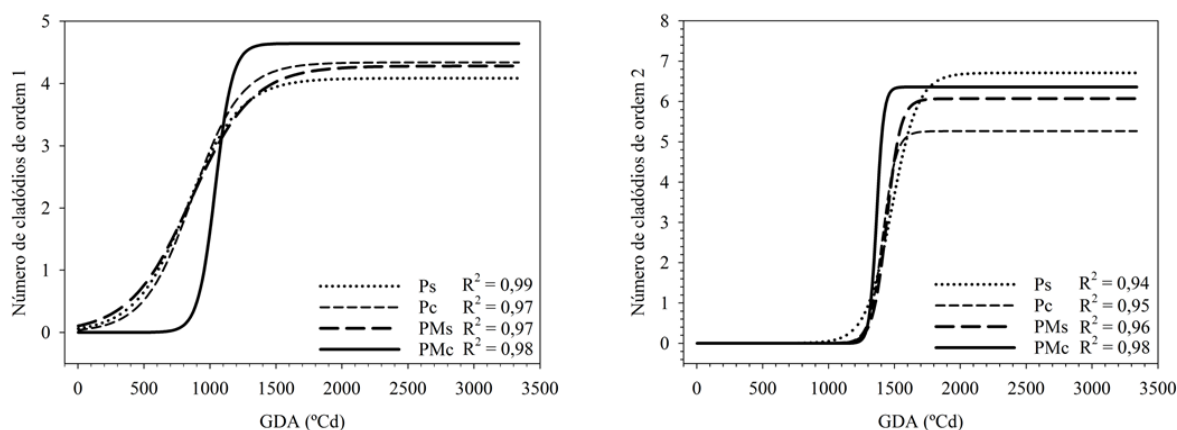


Figura 1. Modelo sigmoidal aplicado ao número de cladódios de 1^a e 2^a ordem emitidos pela palma forrageira exclusiva com e sem cobertura (Ps e Pc) e consorciada com e sem uso de cobertura (PMc e PMs).

Observa-se na Figura 1A e 1B que todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento, para palma solteira sem e com cobertura (Ps e Pc respectivamente) e palma consorciado sem cobertura (PMs), em relação ao início da emissão de cladódios de primeira ordem (Figura 1A), a cultura necessitou de menor graus dias acumulados quando comparado com a palma consorciada com a aplicação de cobertura morta (PMc), sendo maior a unidade térmica necessária para se iniciar a emissão de cladódios, porém não afetando a quantidade de cladódio, uma vez que foi o tratamento que proporcionou uma maior quantidade de cladódio de primeira ordem (4,5 unidades). Já os de segunda ordem (Figura 1B) iniciaram a emissão ao mesmo tempo, onde o tratamento que apresentou um menor número de cladódios foi o de palma apenas com cobertura (Pc).

Silva et al. (2018), estudando esse mesmo modelo sigmoidal para as mesmas culturas, observaram que para o número total de cladódios (NTC), o tratamento com consórcio e cobertura também retardou a sua máxima emissão, mas não diferiu em relação ao NTC quando a palma foi consorciada sem cobertura. Visto que, ao se adicionar a cobertura morta retardou minimamente o desenvolvimento da cultura, mas mostrando uma

maior resposta, favorecendo um maior armazenamento de água e reduzindo as perdas de água por evaporação.

Na figura 2, mostra-se o comportamento da emissão cladódios de terceira ordem, a qual foi evidenciado somente no final do ciclo e em menor quantidade. Todos os tratamentos iniciaram a emissão próximo a 2450 GDA, porém o tratamento PMc proporcionou um maior número de cladódios. Amorim et al. (2017), estudando as taxas de emissão de cladódios observaram que as maiores taxas para o surgimento de cladódio de terceira ordem, foi com a utilização de cobertura morta, consequentemente maior NTC.

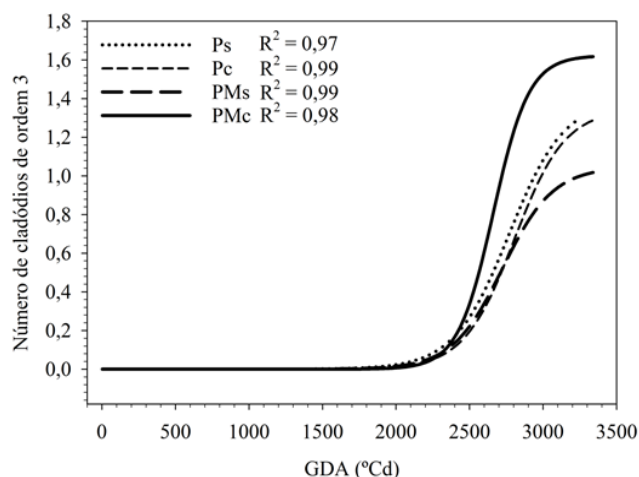


Figura 2. Modelo sigmoideal aplicado ao número de cladódios de 3ª ordem emitidos pela palma forrageira exclusiva com e sem cobertura (Pc e Ps) e consorciada com e sem uso de cobertura (PMc e PMs) morta.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A aplicação do modelo sigmoideal para a cultura da palma forrageira mostrou-se que a adoção de cobertura morta e o consórcio proporcionou um maior número de cladódios de 1ª, 2ª e 3ª ordem.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A FACEPE pela concessão da bolsa e ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AMORIM, D. M. et al. Cobertura morta no cultivo da palma forrageira irrigada e taxas de emissão de cladódios. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2017, Petrolina/Juazeiro. **Anais...** Petrolina/Juazeiro, CBAGRO, 2017.

BATISTA, E. L. S. et al. Modelagem do crescimento de cultivares de cana-de-açúcar no período de formação da cultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1080-1087, 2013.

DINIZ, W. J. S. et al. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 724-733, 2017.

MARIN, F. R.; JONES, J. W. Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production. **Scientia Agrícola**, v. 71, n. 1, p. 1-16, 2014.

SILVA, G. I. N. et al. Aplicação do modelo sigmoidal para análise de crescimento da palma forrageira consorciada com e sem uso de cobertura morta. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2018, Maceió. **Anais...** Maceió, CBMET, 2018.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA E REAL NAS CULTURAS DE SOJA E TRIGO NO SUL DO BRASIL

Débora da Silva¹; Gustavo Pujol Veeck¹; Debora Regina Roberti¹; Genei Antonio Dalmago²; Claudio Alberto Teichrieb¹

Autor para correspondência: debiisilva140898@gmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria; ²Embrapa-Trigo

RESUMO

A evapotranspiração da cultura (ET_c) representa a máxima perda de água que certa cultura sofre em dado estágio de desenvolvimento quando não há restrição de água no solo. A ET_c é obtida pelo produto do coeficiente de cultura (K_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o). O K_c é apresentado pela FAO para determinadas culturas, em geral, obtido em regiões agrícolas dos EUA e Europa. O objetivo deste trabalho é avaliar a ET_c em relação a Evapotranspiração real (ET_r) nas culturas de soja e trigo no sul do Brasil nas safras entre os anos de 2015 e 2016. A ET_r foi obtida pelo método da covariância dos vórtices. Os dados meteorológicos e micrometeorológicos foram coletados numa lavoura comercial localizada no município de Carazinho- RS. Para a soja, a maior ET_r foi de 6,2 mm dia⁻¹ e ocorreu no dia 24 de janeiro de 2016, enquanto que para o trigo o maior valor foi de 5,44 mm dia⁻¹ no dia 09 de novembro de 2015. Observou-se que para ambas as culturas o ET_c foi menor que ET_r.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de cultura; Evapotranspiração; Cultivo

EVAPOTRANSPIRATION OF THE CROP AND REAL IN SOYBEAN AND WHEAT PLANTATIONS IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

The crop evapotranspiration (ET_c) represents the maximum loss of water that a certain crop suffers at a given stage of development, when there is no water restriction in the soil. The ET_c is obtained by the product of the crop coefficient (K_c) and the reference evapotranspiration (ET_o). K_c is presented by FAO for certain crops, generally obtained in agricultural regions of the USA and Europe. In this work ET_c will be to evaluate the real ET_r and culture in soybean and wheat crops in southern Brazil in the year 2015/2016. The ET_r was obtained by the covariance method of the vortices, in a tillage located in the municipality of Carazinho-RS. For soybean, the highest amount was 6.2 mm day⁻¹ and occurred on January 24, 2016, while the highest wheat was 5.44 mm day⁻¹ on November 9, 2015. The ET_c was lower than ET_r for both cultures.

KEY-WORDS: Crop coefficient; Evapotranspiration; Cultivation

INTRODUÇÃO

Os cultivos agrícolas de trigo e soja, tem uma importância histórica no estado do Rio Grande do Sul (RS), pois tradicionalmente foram utilizados no sistema de rotação, soja no verão e trigo no inverno, desde os anos 60. De acordo com a Companhia Nacional de abastecimento (Conab), o Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja em grão do Brasil, superado apenas pelos estados de Mato Grosso e Paraná. Também é o segundo maior produtor nacional de trigo, superado apenas pelo Paraná. Tendo por base a relação entre a quantidade produzida por área plantada, na última década, pode-se afirmar que houve importante ganho de

produtividade no RS através do emprego de novas tecnologias de cultivo e de manejo do solo, como por exemplo, o melhoramento genético e a transgenia, o sistema plantio direto e de agricultura de precisão.

A produção agrícola é dependente de muitos fatores, entre eles a água, nutrientes e a radiação solar. A água é um dos principais fatores limitantes da produtividade em diversos locais no mundo. Conhecer a necessidade hídrica, em cada estágio fenológico de cultura é importante para evitar desperdício no uso da água e aumentar a produtividade com o menor custo de produção. O uso de índices como o coeficiente de cultura (K_c) é uma das formas de explorar essas informações e utilizá-las de forma adequada para o manejo da água na produção agrícola.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a evapotranspiração real (E_{Tr}) em relação à evapotranspiração de cultura (E_{Tc}) nas culturas de soja e trigo no sul do Brasil nas safras entre os anos de 2015 e 2016.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram realizados na safra de 2015 de trigo e 2015/2016 de soja, em uma lavoura comercial no município de Carazinho, RS. O detalhamento das informações sobre a implantação, o crescimento e desenvolvimento e o manejo das culturas pode ser obtido em Veeck (2018). O monitoramento das variáveis meteorológicas e micrometeorológicas foi feito em meio a lavoura por uma torre de fluxo, consistindo de um sistema de coleta de dados *Eddy Covariance*, modelo EC150-SH-EB, composto com sensor analisador de H_2O e CO_2 aberto, integrado ao anemômetro sônico CSAT3 e barômetro avançado, marca Campbell Scientific, controlado por um datalogger, modelo CR1000. Os dados foram coletados de 10/07/2015 a 23/03/2016. Quando as plantas de trigo e soja atingiram os sensores instalados a 0,5 m, a torre de fluxo foi erguida e os sensores do primeiro nível foram posicionados a 0,5 m acima do dossel, onde permaneceram até o final dos períodos de medição. Para o trigo o reposicionamento foi feito em 15/09/2015 e para a soja em 05/01/2016. No período de pousio, a torre permaneceu na mesma posição da sua instalação.

A 1,5 m de altura da superfície do solo, foram instalados sensores para medição da radiação solar global incidente (R_g), precipitação pluvial (P) e saldo de radiação (R_n). Para a medição da R_g foi utilizado um piranômetro, modelo SP-110-L-10, marca Apogee. Um pluviômetro, modelo TB4-L, marca Campbell, cuja superfície de captação da P ficou a 1,5 m de altura. Para a medição do R_n foram utilizados saldo-radiômetros, modelo NR-LITE2-L, marca Campbell. Também foi medido o fluxo de calor no solo (G) com a utilização de sensores de placa de fluxo de calor no solo, modelos HPF01, marca Hukseflux. As placas de fluxo de calor no solo foram instaladas no solo a 1 cm de profundidade e cobertas com o mesmo solo retirado do local de sua instalação.

As trocas de energia na forma de calor sensível e latente foram estimadas a partir dos dados de alta frequência (10 Hz) e os fluxos foram calculados usando média em bloco de 30 minutos, através do software EddyPro, que utiliza o método da covariância dos vórtices (*Eddy Covariance*). Para mais informações sobre o processamento dos dados ver Veeck (2018).

A Evapotranspiração real (E_{Tr}) foi obtida da conversão do fluxo de calor latente após o fechamento do balanço de energia, em unidades evapotranspiração de mm por dia. A E_{Tr} é definida como a perda de água por evaporação e transpiração de uma área extensa de vegetação de porte baixo, que cobre totalmente o solo, com ou sem restrição hídrica. Se houver água disponível no solo e o fluxo da água na planta atender a demanda atmosférica, a E_{Tr} será igual a E_{Tc} . Além das condições atmosféricas, a E_{Tr} também depende da disponibilidade hídrica do solo.

A relação entre a evapotranspiração de cultura (E_{Tc}) e a Evapotranspiração de referência (E_{To}) é:



Eq. (14)

onde K_c é o coeficiente de cultura. A E_{To} é estimada pelo método padrão recomendado pela FAO (Método de Penman-Monteith):

onde Δ é a declividade da curva de pressão de vapor em função da temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), R_n a radiação líquida ou saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), G o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), γ ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) é o coeficiente psicrométrico, U_2 a velocidade média do vento a 2 m de altura, T_{med} a temperatura média entre a máxima e a mínima, e_s = pressão de vapor na saturação (kPa) e e_a = pressão de vapor atual (kPa).

O K_c tem sido estimado para diferentes culturas em diferentes estudos. Neste trabalho utilizaremos os valores obtidos para a Soja e Trigo descritos no Quadro 1.

Referência	Kc inicial	Kc médio	Kc final
Soja			
Moreira et al. (2015)	0,56±0,16	1,15	0,53±0,29
Suyker and Verma (2009)	0,34±0,32	0,95±0,41	0,26±0,19
Trigo			
Allen et al. (1998)	0,7	1,15	0,25

Na análise dos dados, o trigo foi subdividido em 3 períodos. O primeiro tem início em 01/07/2015 (trigo já emergido) até 10/07/2015. A partir daí teve início o segundo que acabou no final do florescimento em 19/09/2015 e o terceiro período começou ao final do florescimento e terminou na colheita em 23/10/2015. Estes períodos coincidem com as fases fisiológicas descritas pela FAO para o uso de diferentes coeficientes de cultura na estimativa da ET_c . Para a soja o ciclo foi subdividida também em 3 períodos. O primeiro começou na emergência, no dia 14/11/2015 e foi até o início de dezembro, dia 03/12/2015. O segundo teve início ao término do primeiro e foi até o final do enchimento de grãos em 03/03/2016. O terceiro período iniciou ao final do enchimento dos grãos e terminou na colheita em 24/03/2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta ET_r e a ET_o nos períodos do cultivo da soja e trigo. As diferenças entre ET_r e ET_o , nas duas safras, ocorreram em função que a ET_r acompanha as mudanças biológicas causadas pela cultura, especialmente o índice de área foliar (IAF), enquanto a ET_o utiliza apenas variáveis meteorológicas para sua estimativa. Os maiores valores de ET_o foram observados principalmente no início e ao fim da safra, nos primeiros 15 dias e nos 20 dias que antecederam a colheita. Para a soja, a maior ET_r foi de $6,2 \text{ mm dia}^{-1}$ e ocorreu no dia 24 de janeiro de 2016, enquanto que para o trigo o maior valor foi de $5,44 \text{ mm dia}^{-1}$ no dia 09 de novembro de 2015.

Figura 1: Evapotranspiração real (ET_r) e Evapotranspiração de referência (ET_o) para o período de cultivo do trigo, na safra 2015, e da soja, na safra 2015/2016, em função de dias após a semeadura (DAS).

Utilizando valores de K_c apresentados na literatura foi estimado o ET_c para a soja e trigo, que comparados com a ET_r na forma de gráfico de dispersão na Figura 2. Para a soja foram usados K_c propostos por Suyker

and Verma (2009), para um estudo na região de Nebraska, nos EUA, em soja irrigada, entre 2001 e 2005, e Moreira et al. (2015) para um estudo realizado em uma safra 2009/10 de soja de sequeiro no município de Cruz Alta- RS, distante 90 km da área do estudo do presente trabalho. Os valores de Kc utilizados para o trigo foram obtidos de Allen et al. (1998). De modo geral, podemos observar que para ambas as culturas o ETc foi menor que ETr. A partir de análises estatísticas, observou-se que para a soja, a ETc representou em média 94% da ETr utilizando os Kc propostos por Moreira et al. (2015) e 83% utilizando o Kc proposto por Suyker e Verma (2009) com coeficientes de correlação variando de 0,86 a 0,84, respectivamente. Para a cultura de trigo, a ETc modelada com o Kc proposto por Allen et al. (1998) apresentou baixa correlação ($R^2=0,40$), subestimando a ETr em mais de 40%.

Figura 2: ETr obtida pelo método *eddy covariance* versus Evapotranspiração da cultura (ETc) utilizando diferentes Kc para a soja e o trigo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Neste trabalho o resultado que melhor representou a ETr para a soja foi obtido com os Kc calibrados no sul do Brasil por Moreira et al. (2015). Na cultura de trigo, usando Kc estimado por Allen et al (1998), a ETc não representou satisfatoriamente a ETr. Desta forma, os resultados deste trabalho indicam que futuras estimativas do Kc para o trigo para a região sul do Brasil são de grande importância para melhor representação da evapotranspiração da cultura, o que pode evitar prejuízos com estimativas incorretas do uso da água na agricultura.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A equipe agradece a UFSM, CNPq, CAPES, FAPERGS e Embrapa-Trigo por todo o apoio recebido. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Capão Alto pela parceria no trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, (2018). **Agropensa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MOREIRA, Virnei Silva et al. Seasonality of soil water exchange in the soybean growing season in southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 2, p. 103-113, 2015.

SUYKER, Andrew E. and VERMA, Shashi B. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize- soybean cropping systems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3-4, p. 443-452, 2009.

Veeck, Gustavo Pujol. **Trocas de energia e massa no cultivo de soja e trigo no sul do Brasil.** Dissertação de Mestrado em Física, Universidade Federal de Santa Maria, 2018

AValiação DOS MODELOS MARK-HADGEM2-ES E MARK-MIROC5 PARA SIMULAR PRECIPITAÇÕES NO CERRADO DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE

João Francisco Severo Santos¹; Lílíana Pena Naval²; Danuza Costa Leite¹; Danilo Ribeiro Barbacena¹; Fernanda Alves Silva Severo³

Autor para correspondência: coesuft@gmail.com

¹Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; ²Universidade Federal do Tocantins; ³Faculdade Machado de Assis

RESUMO

Os modelos climáticos adotados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* são capazes de reproduzir bem o clima atual em escala continental, mas precisam ser validados em escalas menores. O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho dos modelos Mark-HadGEM2-ES e Mark-MIROC5 para estimar precipitações na última fronteira de expansão agrícola do Cerrado nas regiões Norte e Nordeste. Para isso, os dados gerados pelos modelos foram comparados com os registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e avaliadas por medidas estatísticas de correlação, viés e desempenho. Os resultados revelaram baixo viés e concordância muito boa, porém alto erro relativo e desempenho insatisfatório nas escalas microrregionais e regionais. Assim, os dados gerados por esses modelos necessitam de correção para reproduzir o clima atual e viabilizar projeções confiáveis nessas escalas espaciais.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Modelagem; Cerrado

EVALUATION OF MARK-HADGEM2-ES AND MARK-MIROC5 MODELS TO SIMULATE PRECIPITATIONS IN THE SAVANNA OF THE BRAZILIAN NORTH AND NORTHEAST REGIONS

ABSTRACT

Climate models adopted by the Intergovernmental Panel on Climate Change are capable of reproducing the current climate on a continental scale well, but need to be validated on smaller scales. The objective of this study was to evaluate the performance of the Mark-HadGEM2-ES and Mark-MIROC5 models to estimate precipitations in the last frontier of agricultural expansion of the Cerrado in the North and Northeast regions. For this, the data generated by the models were compared with those registered by the National Institute of Meteorology and evaluated by statistical measures of correlation, bias and performance. The results revealed low bias and very good agreement, but a high relative error and poor performance on the microregional and regional scales. Thus, the data generated by these models need correction to reproduce the current climate and to allow reliable projections on these spatial scales.

KEY-WORDS: Rain; Modeling; Savanna

INTRODUÇÃO

As alterações no uso e cobertura dos solos, para atender a expansão das atividades agrícolas e pecuárias, configuram um dos fatores mais impactantes sobre os sistemas climáticos locais, regionais e globais

(NKHONJERA, 2017; HSIANG; BURKE, 2014; IPCC, 2014; MARENGO *et al.*, 2011). Embora os processos de mudanças climáticas façam parte de um ciclo natural de redução e aumento das temperaturas globais, atualmente existe quase consenso na comunidade científica sobre o impacto das atividades humanas na aceleração e intensificação desses processos (IPCC, 2007; IPCC, 2013). Estima-se que tais mudanças aumentem a variabilidade interanual das chuvas em muitos locais e elevem as temperaturas médias anuais em nível global. Estes eventos, por sua vez, podem gerar diversos impactos em plantações e rebanhos, como a falta ou o excesso de água, surtos de pragas e doenças, inundações de terras produtivas, incêndios florestais, entre outros que ameaçam a saúde e o bem-estar das populações (HSIANG; BURKE, 2014; IPCC, 2014).

O clima no Cerrado é particularmente vulnerável as mudanças de uso e cobertura dos solos, uma vez que o ciclo das águas e das temperaturas é fortemente influenciado pelas características da vegetação (STRASSBURG *et al.*, 2017; AYALA *et al.*, 2016; REICHARDT; TIMM, 2016). Estimativas do IMAFLORA (2018) sobre emissão de gases de efeito estufa no Brasil mostram que, em 2016, o setor agropecuário, somado as mudanças do uso da terra, foi responsável por 81% de todas as emissões do país e as principais práticas atribuídas para a consolidação desse quadro foram: a queima e remoção de biomassa para expansão e preparação de solos agrícolas com ou sem uso de calcário; a formação de pastagens artificiais; o cultivo de grãos irrigados; a fermentação entérica dos ruminantes e o manejo de dejetos animais. Dessa forma, torna-se fundamental conhecer e projetar as características pluviométricas desse bioma nas regiões norte e nordeste do Brasil, pois, além das mais variadas implicações econômicas e sociais, essas informações podem servir como subsídio para a o planejamento e formulação de políticas públicas no contexto do desenvolvimento regional sustentável (BALDUINO *et al.*, 2018).

Os *Global Climate Models* – GCMs fornecem estimativas do comportamento das variáveis climáticas no futuro em escalas próximas a 300 km² (IPCC, 2014). Isso limita seu uso em projeções regionais e microrregionais, uma vez que diferenças significativas ocorrem nessa escala espacial. Dessa forma, para ampliar a resolução espacial do conjunto de dados climáticos produzidos por um GCM é necessário convertê-los e validá-los por meio de métodos chamados de *downscaling* (SILVA, 2018; LYRA *et al.*, 2017; CHOU *et al.*, 2012).

A necessidade de validação dos dados gerados no processo de *downscaling* de um determinado GCM, por meio da comparação com os dados observados em diferentes partes do globo, torna indispensável a seleção de um período representativo do tempo local para calcular uma Normal Climatológica de interesse (IPCC, 2013). Uma Normal Climatológica (NC) é definida pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2011) como a média das variáveis atmosféricas registradas em períodos de 30 anos, começando em 1º de janeiro dos anos que terminem com o dígito 1. Assim, por exemplo, a média de precipitação de uma região no período de 1º de janeiro de 1981 a 31 de dezembro de 2010 configura uma NC. No entanto, a escassez de registros meteorológicos com séries históricas tão longas é um problema comum em inúmeras regiões do planeta. Dessa forma, a WMO (2011) recomenda a adoção das Normais Climatológicas Provisórias (NCP) que devem ser calculadas a partir de períodos de dez anos de observações registradas de dados seguindo os demais critérios das NC.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho das simulações geradas nos modelos climáticos Mark-HadGEM2-ES e Mark-MIROC5, a partir de dados observados em estações meteorológicas convencionais do INMET localizadas nas microrregiões que compõem a última fronteira de expansão agrícola do Cerrado das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A delimitação territorial seguiu a proposta de Miranda *et al.*, (2014) e foi composta por 31 microrregiões de quatro unidades federativas (UF) do Brasil, que englobam 139 municípios do Tocantins, 135 do Maranhão, 33 do Piauí e 30 da Bahia distribuídos em uma área de 73.848.967 hectares (fig. 1).

Esse território é composto predominantemente por formações savânicas (63,6%), mas também apresenta áreas de transição entre diferentes tipos florísticos (15%) e floresta estacional (10,7%) nas fronteiras com o bioma Amazônico e de Caatinga a oeste e leste, respectivamente. O relevo é caracterizado por grandes áreas de chapadas (39%) e depressões (56%), com altitudes que variam de 01 a 1200m acima do nível do mar. Na extensão central, o clima tropical semiúmido é dominante e corresponde a cerca de 78% do território, sendo caracterizado por períodos de 7 a 8 meses de escassas precipitações e temperatura média do ar acima de 18°C em todos os meses do ano. Na fronteira leste, o clima semiárido é caracterizado pela ausência de precipitações durante seis meses e temperaturas elevadas o ano todo. Quatro grandes regiões hidrográficas estão contidas nesses limites, são elas: Tocantins-Araguaia, Atlântico–Trecho Norte/Nordeste, Parnaíba e São Francisco (MAGALHÃES et al., 2014; MINGONTI et al., 2014).

As precipitações mensais foram extraídas dos registros das estações do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, disponíveis no site da instituição (<http://www.inmet.gov.br/portal/>). Registros históricos das observações realizadas em 27 estações meteorológicas nos últimos dez anos foram utilizados, referentes ao período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018. Esses registros foram associados a cada microrregião (fig. 1) que, segundo informações do Município Levantamento Agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), experimentou um crescimento da área agrícola superior a 40% desde 2009.

A simulação diária dos dados climáticos foi gerada no MarkSim-GCM, cuja descrição detalhada pode ser encontrada nos estudos de Jones e Thornton (2013). O MarkSim -GCM foi validado e calibrado a partir de 10.000 estações meteorológicas em todo o mundo com mais de 10 anos de dados contínuos, agrupados em 702 clusters de precipitação e temperatura, em uma escala mensal. O MarkSim tem sido utilizado eficientemente para o downscaling temporal e espacial, com resoluções de até 50 km (<http://gisweb.ciat.cgiar.org/MarkSimGCM/>). Deve-se observar que o MarkSim gera dados climáticos a partir de janeiro de 2010. Como houve necessidade de obter simulações de 2009, estas foram geradas por regressão, considerando os dados observados como variável preditora das simulações.

Portanto, o downscaling temporal e espacial foi utilizado nas coordenadas das estações do INMET, com uma resolução de aproximadamente 20 km, a partir dos modelos HadGEM2-ES (*Hadley Centre Global Environmental Model 2 - Earth System*) com dados de resolução 1.2414°x1.875° (Jones et al., 2011) e o MIROC5 (*Model for Interdisciplinary Research on Climate 5*) produzido pelo Centro de Pesquisa do Sistema Climático da Universidade de Tóquio, com dados de resolução de 1.4063°x1.4063° (Watanabe et al., 2010). Assim, dados de precipitação, radiação solar e temperaturas máximas e mínimas para o período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018 foram simulados.

As ferramentas da estatística descritiva (média, coeficiente de variação, teste t de Student e coeficiente de correlação de Pearson) foram empregadas no programa *Paleontological Statistics software Package for education and data analysis* – PAST e utilizadas para analisar os resultados, adotando-se um nível de significância de 95% para testar as possíveis diferenças interanuais e relações entre as variáveis obtidas e simuladas.

Para avaliar a precisão dos modelos climáticos, o percentual de viés (Pbias) e o erro médio absoluto (EMA) foi empregado junto ao índice de concordância de Willmott (WILLMOTT et al., 2012). Já o índice de desempenho adaptado (C') dos modelos foi avaliado pelo produto do coeficiente de correlação de Pearson (r) e o índice de Willmott (d), conforme proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

A calibração dos modelos foi realizada por meio de regressão linear simples, onde a variável preditiva foi a simulação gerada. Para testar a independência dos resíduos da equação de regressão, a estatística de Durbin-Watson (D) foi utilizada.

O valor zero para o Pbias (Eq. 1) indica a ausência de viés, enquanto valores diferentes indicam superestimativa, quando negativos, e subestimativa, quando positivos, (VAN LIEW et al., 2007).

Considerando que os dados observados apresentam uma pequena margem de erro, Pbias entre -0,5% e +0,5% foram considerados nulos.



Eq. (16)

Onde: Esti – valor estimado da variável para o ponto i; Obsi – valor observado da variável para o ponto i.

O EMA mede a magnitude da média ponderada dos erros absolutos. Para Willmott e Matsuura (2005), o MAE é uma medida natural e mais precisa da magnitude média do erro como pode ser constatado na equação 2.



Eq. (17)

Onde: E_i – valor estimado da variável para o ponto i; O_i – valor observado da variável para o ponto i; n – tamanho da amostra.

O erro médio percentual absoluto - EMPA (eq. 3) é uma estatística de precisão que impede que o erro seja diminuído através da soma de valores com sinais opostos e pode ser classificado de acordo com a tabela 2 (LEWIS, 1997).



Eq. (18)

O índice de Willmott's revela o grau de concordância entre medidas observadas e simuladas, variando de 0 a 1, onde o primeiro valor representa a discordância total e o segundo a concordância perfeita. Assim, quanto maior for o resultado da equação 4, melhor será o desempenho do modelo.



Eq. (19)

Onde: \bar{O} – valor da média da variável observada.

Tabela 1: Classificação proposta para os parâmetros de desempenho.

Pbias ¹	(C' e d) ^{2,3}	EMPA ³	Classificação
<10%	> 0,75	< 10%	Muito bom
10% - 14%	0,75 - 0,64	10% - 19%	Bom
15% - 24%	0,65 - 0,60	20% - 29%	Satisfatório
≥25%	< 0,60	≥30%	Insatisfatório

¹Van Liew et al. (2007); ²Camargo e Sentelhas (1997); ³Lewis (1997)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 apresenta o comportamento das medias mensais das precipitações pluviais observadas e simuladas pelos modelos climáticos HadGEM2-ES e MIROC5. Percebe-se que a sazonalidade típica da região (LAHSEN et al., 2016; CURADO et al., 2014) é reproduzida satisfatoriamente no modelo, porém com marcada tendência a superestimação entre os meses de outubro de um ano e abril do outro ano. Os meses de seca (maio a outubro) foram reproduzidos satisfatoriamente. Verifica-se o mesmo padrão de erro, com pequenas diferenças, em ambos os modelos, sendo que o período de chuvas foi bem reproduzido apenas no final de 2017 e início de 2018. Nos demais anos, diferenças substanciais entre as chuvas registradas e simuladas foram constatadas, onde as chuvas observadas foram muito inferiores as simuladas. Esses meses chuvosos correspondem ao período de plantio e desenvolvimento das lavouras de monoculturas, onde o solo de grandes áreas fica coberto e há acentuada da humidade do ar devido a grande cobertura vegetal e, conseqüentemente, abundante evapotranspiração (BALDUÍNO et al., 2018; IMAFLORA, 2018; AYALA et al., 2016; CURADO et al., 2014; DA SILVA, 2013).

A tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas dos dados simulados e observados, em periodicidade mensal, na area estudada. Nela é possível constatar que os modelos simulam medidas de tendência central e variabilidade interanual muito similares entre si, porem superiores aos observadas, de modo que diferenças significativas entre as variáveis foi detectada, ao nível mínimo de $p \leq 0,05$ no teste t de student, nessa escala temporal. Constata-se também a alta variabilidade intra e interannual das chuvas nessa região, o que de acordo com Strassburg et al. (2017) e, representa um indicio de maior vulnerabilidade diante de mudanças ambientais, ja que o funcionamento de quase todos os serviços ecologicos é adaptado as baixas amplitudes termicas.

Tabela 2: Estatísticas descritivas do periodo estudado.

Indicadores	MIROC5	HadGEM2	Observed
Media (mm)*	131,8 ^a	122,1 ^a	95,5 ^b
Desvio Padrão (mm)	115,3	123,8	69,1
Coefic. Variação (%)	94,4	93,9	72,4

* Letras distintas representam diferenças significativas ($p \leq 0,05$)

A figura 4 mostra o viés de simulação dos dois modelos em relação as precipitações medias mensais observadas em cada microrregião que apresentou expansão de areas agrícolas nos ultimos 10 anos. Essa visualização espacial permite constatar que os modelos forneceram dados superestimados para a maioria das microrregiões.

O modelo HadGEM2-ES teve melhores resultados nesse indicador, uma vez que não apresentou vies em oito microrregioes (Fig. 4B) enquanto MIROC5 em apenas cinco (fig. 4A). Cinco microrregiões tiveram suas chuvas subestimadas em ambos os modelos, sendo duas centrais onde predominam as savannas e tres na fronteira leste, na transição do Cerrado com o Semiárido. Percebe-se que a ausência de viés se concentra nas microrrgiões proximas do bioma amazônico (IBGE, 2012), onde tambem ocorre maior frequencia de divergência classificatoria entre os dois modelos.

Na tabela 4 constata-se que o percentual de viés foi “insatisfatório” em 14 microrregiões quando empregado o modelo HadGEM2-ES e em 13 para o MIROC5. Todavia, verificou-se que em 13 microrregiões o viés do

HadGEM2-ES é maior que o do MIROC5. Já o erro médio absoluta do HadGEM2-ES foi superior ao do MIROC5 em 20 microrregiões que apresentaram produção de soja. Nas demais, a diferença de erros entre os dois modelos é irrelevante. O mesmo ocorreu com o índice de Willmott, sendo que os menores valores foram localizados nas microrregiões 02, 27 e 30.

Erros médios acima de 70 mm, em pelo menos um dos modelos, foram encontrados em 80,7% das microrregiões. Ressalta-se que, mesmo considerando a alta variabilidade ($CV < 70\%$) das médias interanuais de chuvas observadas na área de estudo (tabela 2) por outros autores (BATLLE-BAYER et al., 2010; INPE, 2013), erros dessa magnitude podem ser considerados substanciais, ainda que a concordância do comportamento das variáveis seja alta ($d > 0,70$).

Tabela 3 - indicadores de desempenho dos modelos em cada microrregião de expansão Agrícola.

ID	(d) Had	Miroc	EMA (mm) Had	Miroc	Pbias (%) Had	Miroc
1	0,83	0,81	60,18	68,08	33,00	-39,84
2	0,29	0,26	83,15	87,35	-23,54	-24,19
3	0,56	0,61	139,99	140,34	-8,69	-8,12
4	0,89	0,88	73,93	86,58	9,40	-12,34
5	0,87	0,87	81,12	76,98	-5,06	-31,82
6	0,79	0,78	71,61	70,32	-61,70	-49,31
7	0,68	0,67	85,10	89,66	-106,00	-112,83
8	0,87	0,88	64,12	59,48	-6,99	-8,88
9	0,81	0,80	62,10	55,94	45,61	18,00
10	0,85	0,87	81,59	72,86	-4,47	-22,59
11	0,56	0,61	139,99	140,34	-8,69	-8,12
12	0,80	0,80	67,15	70,57	-28,30	-38,17
13	0,69	0,73	67,89	53,23	90,56	49,31
14	0,87	0,87	81,12	76,98	-5,06	-31,82
16	0,87	0,87	81,12	76,98	-5,06	-31,82
17	0,80	0,81	63,82	62,90	42,73	22,42
18	0,38	0,41	150,41	126,97	-48,93	-37,55
19	0,51	0,46	127,79	123,40	25,92	26,69
20	0,87	0,85	83,13	76,36	-57,19	-37,10
21	0,87	0,88	64,12	59,48	-6,99	-8,88
23	0,87	0,90	82,56	72,87	16,47	28,21

26	0,89	0,89	82,25	88,40	-26,53	-18,59
27	0,45	0,43	192,65	188,05	-14,65	-12,16
28	0,86	0,89	94,63	75,33	-34,06	-7,18
29	0,86	0,86	94,15	92,92	-8,51	-6,46
30	0,38	0,41	150,41	126,97	-8,93	-7,55
31	0,64	0,60	86,73	71,33	-71,23	-28,52

A tabela 5 revela que os valores obtidos para cada modelo nos indicadores de estatísticos, em escala regional (unidade da área de estudo), são similares em relação a precisão (d), a determinação (r^2) e ao percentual de erro médio (EMPA), sendo esses em sua maioria classificados como insatisfatórios. Todavia, apresentam diferenças significativas em relação ao viés (Pbias). Ainda que os resultados de ambos os modelos sejam classificados como insatisfatórios para o viés (VAN LIEW et al., 2007) e desempenho insatisfatório (CAMARGO; SENTELHAS, 1997). Nesse sentido, constata-se que ambos os modelos superestimam as precipitações médias na maioria das microrregiões. Ambos são considerados muito bons pela classificação de, sendo o modelo MIROC5 aquele que apresenta menor viés. Parte desses resultados são similares aos encontrados por Sales et al. (2015). Porém Torres (2014), também encontrou muitas incertezas na validação dos modelos climáticos, mesmo com técnicas de *downscaling* dinâmico.

Tabela 4: Indicadores de desempenho dos modelos em relação a área total delimitada para o estudo.

Indicadores	MIROC5	HadGEM2	Desempenho
(d) ¹	0,731	0,729	Bom
EMPA	73,41	66,54	Insatisfatório
(r^2) ²	0,581	0,566	Fraco
Pbias*	-38,79	-27,26	Insatisfatório
(C')	0,581	0,592	Insatisfatório

¹Stork et al. (2016); ²Levine et al. (2008); *significative ($p \leq 0,05$)

O ajuste dos modelos foi realizado por meio da testagem de múltiplos métodos de regressão, sendo o linear aquele que obteve melhor desempenho ao representar o regime cíclico das chuvas na região. Isso ocorreu em razão do padrão de comportamento dos erros da série temporal (fig. 3). Dessa forma, o ajuste realizado por regressão simples elevou seu coeficiente de concordância para 0,86 e 0,87 para os modelos HadGEM2-ES e MIROC5, respectivamente. Os coeficientes de ajuste gerados para cada modelo estão expressos nas equações 5 e 6.

Equação 5:

$$H_{\text{adjust}} = 39,45157 + 0,425261 (X)$$

Equação 6:

$$M_{\text{adjust}} = 40,43452 + 0,451072 (X)$$

Onde: X - valor bruto estimado pelo modelo.

Os resultados do ajuste podem ser observados na tabela 5 e na figura 5. Verifica-se que o ajuste gerou um aumento da concordância entre as simulações e os dados observados, o que elevou o nível de desempenho do modelo e proporcionou melhores ajustes temporais nas oscilações sazonais. Além disso, a estatística de Durbin-Watson resultou em valores de 5,08 e 4,89 para os resíduos das equações de calibração dos modelos Mark-HadGEM2-ES e Mark-MIROC5, respectivamente. Isso significa que há significativa confiança de que os resíduos não apresentam autocorrelação e que, portanto, as equações de calibragem são apropriadas (LEVINE et al, 2008)

Tabela 5: Indicadores de desempenho após o ajuste.

Indicadores	MIROC5	HadGEM2	Desempenho
(d) ¹	0,851	0,845	Muito Bom
EMPA*	20,82	26,73	Satisfatório
(r) ²	0,580	0,566	Fraco
Pbias*	-1,935	-9,667	Muito bom
(C')	0,649	0,636	Satisfatório

¹Stork et al. (2016); ²Levine et al. (2008); *significative ($p \leq 0,05$)

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os dois modelos reproduzem bem as sazonalidades das precipitações pluviiais intra-anuais, porem apresentam alto grau de superestimação nos meses chuvosos típicos da região estudada. Também apresentam níveis de concordância, no mínimo, satisfatórios em relação as chuvas observadas em escala microrregional, exceto nas microrregiões 02, 18, 19 e 30.

O viés de ambos os modelos é superior a 25% em escala regional e varia de 5 a 112% em escala microrregional, sendo classificado como “insatisfatório” na maioria das microrregiões analisadas. Todavia, os modelos apresentam vieses em direções opostas em varias microrregiões localizadas no limite norte da área de estudo, sendo que na escala regional o MIROC5 tende a superestimar menos do que o HadGEM2. Os grandes vieses de muitas microrregiões e na região, determinaram uma correlação fraca entre os dados simulados por ambos os modelos em relação aos dados observados. Isso afetou o coeficiente de desempenho dos modelos, que foi classificado como insatisfatório em todas as escalas espaciais analisadas. Essa conclusão é reforçada pelos valores apresentados no erro médio absoluto, uma vez que, a grande variabilidade das precipitações intra e interanuais em todas as microrregiões determinou erros superiores a 70 mm em várias delas. Assim, o percentual de erro médio regional superior a 65%, reforça o desempenho insatisfatório dos modelos não ajustados.

Apesar do grande equilíbrio no desempenho dos dois modelos, o MIROC5 foi ligeiramente superior em ambas as escalas territoriais analisadas e o método de ajuste das simulações por meio de regressão aumentou substancialmente os índices de desempenho das estimativas por aumentar o nível de concordância entre os dados simulados e observados.

Os resultados desse estudo evidenciam que os dados gerados nos modelos climáticos regionais MarkSim-HadGEM2-ES e MarkSim-MIROC5 necessitam de correção dos erros sistemáticos previamente à sua utilização nas projeções visando a múltiplos objetivos, sobretudo no planejamento de políticas públicas que

necessitam de maior precisão intra-anual. Todavia, para estudos que necessitam apenas das médias anuais, basta escolher o modelo que apresenta menos vies.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AYALA, L.M; VAN EUPEN, M; ZHANG, G; PÉREZ-SOBA, M; MARTORANO, L.G; LISBOA, L.S; BELTRAO, N.E. Impact of agricultural expansion on water footprint in the Amazon under climate change scenarios. *Science of the Total Environment*, v. 570, p.1159–1173, 2016.

BALDUINO, A. R; SANTOS, M. G; SOUZA, L. B ; LIMA, D. P ; CARVALHO, A. P. Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 5, p. 259-263, 2018.

BATLLE-BAYER, L; BATJES, N. H; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in Brazilian Cerrado. *Agric. Ecosyst. Environ.* 137 47–58, 2010.

BOCCHIOLA, D; NANA, E; SONCINI, A. Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. *Agric. Water Manager*, v. 116, p. 50–61, 2013.

BROECKER, W. When climate change predictions are right for the wrong reasons. *Climatic Change*, v. 141, p. 1–6, 2017.

CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria*, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CHOU, S. C.; et al. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*, v. 38 n. 3-4, p. 635-653. 2012.

CHOU, S.C; BUSTAMANTE, J.F; GOMES, J.L. Evaluation of Eta Model Seasonal Precipitation Forecasts over South America. *Nonlinear Processes in Geophysics*, v. 12, p. 537-555, 2005.

CURADO, L; NOGUEIRA, J; SANCHES, L; RODRIGUES, T; LOBO, F; BÍUDES, M. Inter Seasonality of the Energy Fluxes in Brazilian Savana-Mato Grosso-Brazil. *Atmospheric and Climate Sciences*, v. 4, p. 219-230, 2014.

DA SILVA, E. B. A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso da terra no bioma Cerrado. (Tese de Doutorado). Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2013.

FENG, J.; LI, J.; ZHU, J.; LI, F.; SUN, C. Simulation of the equatorially asymmetric mode of the Hadley circulation in CMIP5 models. *Adv. Atmos. Sci.*, v. 32, n. 8, p. 1129-1142, 2015.

HSIANG, S.M.; BURKE, M. Climate, Conflict, And Social Stability: What Does The Evidence Say? *Climatic Change*, v.123, p. 39–55, 2014.

HUANG, J.-B.; WANG, S.-W.; LUO, Y.; ZHAO, Z.-C.; WEN, X.-Y. Debates on the causes of global warming. *Adv. Clim.Change Res.* v. 3, n. 1, p. 554-570, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal 2018. Centro de Disseminação de Informações: IBGE, 2018.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

- IMAFLORA - Instituto De Manejo e Certificação Florestal e Agrícola. Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1990-2016): setor de mudanças de uso da terra. São Paulo: Observatório do Clima, 2018.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: the Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. WGII AR5: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for Policymakers, 2014.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto TerraClass: Cerrado, 2013. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/>. Acesso em: 12/03/2017.
- JONES, C. D.; et al. The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations, *Geosci. Model Dev.*, 4, 543-570, 2011.
- JONES, P.G.; THORNTON, P.K. Generating downscaled weather data from a suite of climate models for agricultural modeling applications. *Agr Syst*, v. 114, p. 1-5, 2013.
- LAHSEN, M; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA-NORA, E. L. Undervaluing and Overexploiting the Brazilian Cerrado at Our Peril, *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 58, n. 6, p. 4-15, 2016.
- LEVINE, D. M; STEPHAN, D. F; KREHBIEL, T. C; BERENSON, M. L. Estatística – teoria e aplicações. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos. 2008.
- LESNIKOWSKI, A. C.; FORD, J. D.; BERRANG-FORD, L.; BARRERA, M.; HEYMANN, J. How are we adapting to climate change? A global assessment *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change*, v. 20 , p. 277–293, 2015.
- LEWIS, K. Climate science in climate security scenarios. *Climatic Change*, v. 123, n. 1, p. 11–22, 2014.
- LEWIS, C. D. Demand Forecasting and Inventory Control. A computer aided learning approach. Woodhead Publishing Ltd, 1997. p. 157.
- LYRA, A. A.; TAVARES, P.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DEREZYNSKI, C.; SONDERMANN, M.; SILVA, A.; MARENGO, J.; GIAROLLA, A. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. *Theoretical and Applied Climatology*, v, 137, p. 11-22, 2017.
- MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; FIELD, C. B. Understanding and responding to danger from climate change: the role of key risks in the IPCC AR5. *Climatic Change*, v. 136, p.427–444, 2016.
- MAGALHÃES, L. A.; MIRANDA, E. E. DE. A. DE. Matopiba: Quadro Natural. Nota Técnica, Campinas, n. 5, 1-41, 2014.
- MARENGO, J. A. et al. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and and the Parana River Basins. *Climate Dynamics*. v. 38, n 9, 1829-1848, 2012.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. (2011). Riscos das mudanças climáticas no

Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. Disponível em: <Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br> >. Acesso em: 12set2018

MINGNOTI, R.; BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVIS FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. Matopiba: Caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. Embrapa Gestão Territorial - Nota Técnica, n.6,1-40, 2014.

MIRANDA, E. E. DE.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. DE. Proposta de Delimitação Territorial do Matopiba. Nota Técnica, Campinas, n. 1, 1-18, 2014.

MOSS, R. H. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, v. 463, n. 11, p. 747-756, 2010.

NKHONJERA, G. K. Understanding the impact of climate change on the dwindling water resources of South Africa, focusing mainly on Olifants River basin: A review. *Environmental Science & Policy*, v. 71, p. 19-29, 2017.

O'NEILL, B. C.; et al. IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change*, v. 7, p. 28–37, 2017.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2014. Disponível em: <<http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/publicacoes/relatorios-pbmc>>. Acesso em: 22/05/2018.

RIahi, K; RAO, S; KREY, V. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, v. 109, n. 1-2, Page 33, 2011.

SALES, D.C.et al.. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste Brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 4, p. 435-456, 2015.

SILVA, R. A. Impacto das mudanças climáticas sobre a produtividade e Pegada hídrica da soja cultivada na região do MATOPIBA. Tese de doutorado em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande: UFCG, 2018.

STEINKE, E.T. Climatologia fácil. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

STORK, L; GARCIA, D. C; LOPES, S. J; ESTEFANEL, V. Experimentação vegetal. Santa Maria: ed. UFSM, 2016.

STRASSBURG, B.B.N; et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, n. 99, p. 1-3, 2017.

THOMSON, A. M; CALVIN, K. V; SMITH, S. J. RCP 4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, v. 109, n.1-2, p. 7, 2011.

TORRES, R.R. Análise de incertezas em projeções de mudanças climáticas na América do Sul. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2014.

VAN LIEW, M. W.; VIETH, T. L.; BOSCH, D. D.; ARNOLD, J. G. Suitability of SWAT for the Conservation effects assessment project: Comparison on USDA?agricultural research service watersheds. *Journal of Hydrologic Engineering*, v.12, n.2, p.173?189, mar. 2007.

WATANABE, M.; et al. Improved climate simulation by MIROC5: mean states, variability, and climate sensitivity. *Journal of Climate*, v. 23, n. 23. p. 6312–6335, 2010.

WATANABE, S.; et al. MIROC-ESM 2010: model description and basic results of CMIP5-20c3m experiments. *Geoscientific Model Development*. v. 4, p: 845–872, 2011.

WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURA, K. Short communication: A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, v. 32, p. 2088-2094, 2012.

WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, v.30, p. 79–82, 2005.

WMO- World Meteorological Organization. Guide to Climatological Practices n° 100. Secretariat of the, Geneva, WMO, 2011. https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_en.pdf

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Manole, 2016

MODELO PARA ESTIMATIVA DO TEOR DE ANTOCIANINAS EM MINIESTACAS DE EUCALIPTOS COM COLORÍMETROS

Elias José Pedroso¹; Aristίδes Ribeiro²; Milton Edgar Pereira Flores³; Marcel Carvalho Abreu⁴; Daniela C Costa⁵

Autor para correspondência: eliaspedrosoufv@hotmail.com

¹Universidade Federal de Viçosa; ²Universidade Federal de Viçosa; ³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁴Universidade Federal de Viçosa; ⁵Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

No processo de produção de mudas de eucaliptos, a fase de enraizamento das miniestacas é uma das mais crítica devido a fragilidades das miniestacas e a influência das condições ambientais dentro da casa de vegetação. O excesso de radiação solar pode levar as miniestacas a apresentarem manifestações fisiológicas como o aumento de metabólitos secundários, entre eles as antocianinas, que provoca a pigmentação vermelhas das folhas. O objetivo deste trabalho foi ajustar um modelo estatístico de estimativa do teor de antocianinas em miniestacas de eucaliptos na fase de enraizamento para desenvolver uma metodologia prática de quantificação deste pigmento com o uso do colorímetro. Ajustou-se um modelo matemático para estimar o teor de antocianina utilizando a escala de cores de Hunter medidos com colorímetro e teores quantificados em laboratório. A equação do modelo estatístico foi avaliada pelos coeficientes de determinação, Índice BIAS, Índice de Willmott e Índice c de desempenho. O modelo apresentou bom desempenho para a maioria parâmetros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças de Eucaliptus; Casas de vegetação; estacas

MODEL FOR ESTIMATING THE CONTENT OF ANTOCYANINS IN EUCALYPTUS MINICUTTINGS WITH COLORIMETERS

ABSTRACT

In the process of production of eucalyptus seedlings the rooting phase of minicuttings is one of the most critical due to the weaknesses of minicuttings and the influence of environmental conditions inside the greenhouse. Excess solar radiation can cause plants to exhibit physiological manifestations such as increased secondary metabolites such as anthocyanins causing red pigmentation of the leaves. The objective of this work was to adjust a statistical model to estimate anthocyanin content in eucalyptus cuttings in the rooting phase to develop a practical methodology of quantification of this pigment with the use of the colorimeter. A mathematical model was used to estimate the anthocyanin content using the Hunter color scale measured with colorimeter and quantified in the laboratory. The equation of the statistical model was evaluated by the coefficients of determination, BIAS Index, Willmott Index and Performance Index c. The model presented good performance for most parameters evaluated.

KEY-WORDS: Eucalyptus seedlings; vegetation House; cuttings

INTRODUÇÃO

O excesso de radiação solar diminui o enraizamento das miniestacas de eucaliptos e aumenta o teor de antocianinas, resultando em uma pigmentação vermelha nas folhas das miniestacas (Pedroso, 2016). As antocianinas estão associados à proteção contra o excesso de radiação solar UV-B (280 - 320 nm), pois se acumulam em camadas epidérmicas das folhas e caules e absorvem intensamente a luz da região UV-B, enquanto permitem a passagem contínua do comprimento de luz fotossinteticamente ativa (TATTINI et al. 2014).

Assim, a pigmentação vermelhas nas folhas pode servir de indicativo prático para verificar o nível adequado de radiação solar utilizando-se instrumentos como os colorímetros. Os colorímetros triestimulo são instrumentos portáteis que simulam a visão humana e são utilizados para determinação das cores e, portanto, podem ser aplicados como um método prático para determinação indireta de pigmentos nas folhas (FONTES, 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi ajustar um modelo estatístico de estimativa do teor de antocianinas em miniestacas de eucaliptos na fase de enraizamento para desenvolver uma metodologia prática de quantificação deste pigmento com o uso do colorímetro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Determinação do teor de antocianina

Para cada amostra, dez discos foliares de 6,1 mm de diâmetro foram retirados e tiveram as massas frescas determinadas em balança de precisão de 0,01 g com três repetições para cada amostra. Para obtenção dos teores de antocianina as amostras foram homogeneizadas em metanol (HCL 1 % (v/v) em banho de gelo e centrifugadas a 10.000 x g por 30 min, a 4 °C. O teor de antocianina foi determinado pela diferença entre a absorvância a 536 e 600 nm conforme Hodges et al. (1999). Os resultados foram expressos em $\mu\text{g g}^{-2}$ MF (massa fresca) como equivalentes de cianidina-3-glucosídeo com coeficiente de extinção molar ($26900 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$).

Medidas da coloração das folhas

Para determinação das cores das folhas foram utilizadas um colorímetro CR 400 da empresa Konica Minolta. Foram avaliados os parâmetros de cor denominados pelas letras a*: Os valores de a* possui uma escala de valores de 0 a 60 com coloração variando do verde (-a) até vermelha (+a). Quanto mais próxima de 60 mais intensa a coloração (Figura 1).

Figura 1: Colorímetro CR 400 da empresa Konica Minolta e o espaço de cor CIELab com parâmetros a*, b* e L* (Adaptado Konica Minolta).

Calibração da equação para determinação de teor de antocianina

Foram feitas leituras com o colorímetro em folhas com diferente tonalidade de verde e vermelho, seguidamente, nessas mesmas folhas foi determinada o teor de antocianina em laboratórios (Figura 2).

Figura 2. Folhas com diferentes tonalidades de vermelho e verde usada leitura do colorímetro e teor de antocianina medidos em laboratório. Viçosa, Minas Gerais. Brasil, 2019.

Análise dos dados

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e teste F ($P \leq 0,05$), regressão com coeficientes testados pelo teste t a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo de estimativa do teor de antocianina das folhas

O teste t foi significativo com P valor de 0,0011 para parâmetro a e P valor de 0,0001 para o parâmetro b na função exponencial $y = a.e^{(b.X)}$ (Figura 2).

O desempenho do modelo exponencial foi verificado através de índices estatísticos tais como o índice BIAS, o índice de Willmott, o índice c, o coeficiente de determinação e o coeficiente de correlação. O índice de BIAS (expressa a tendência do modelo) foi de 0,026 e quanto menor que 1 melhor é o modelo. O índice de Willmott foi de 0,998, demonstrando que os valores estimados pelo modelo apresentam uma boa concordância entre os valores observados e estimados (WILLMOTT, 1981). O índice c de desempenho, segundo critério observado por Camargo e Centelhas (1977), pode ser considerado ótimo para o desempenho do modelo. O coeficiente de correlação (r) determina o grau de associação entre duas ou mais variáveis, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a relação entre valores observados e estimados e melhor é o modelo. O coeficiente de determinação é o r elevado ao quadrado e indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados. Para estes índices o modelo de estimativa do teor de antocianina apresentou um bom desempenho.

Em termos práticos, a equação permite estimar o teor de antocianina utilizando valores de *a dos colorímetros, que podem ser obtidos com leituras direto nas folhas em campo e de maneira indireta verificar se os níveis de radiação solar estão muito alto.

Figura 2: Modelo para determinação do teor de antocianina em função do parâmetro a* do colorímetro. Viçosa, Minas Gerais-MG, Brasil, 2017.

Tabela 2. Índices de avaliação do modelo da figura 5. Viçosa-MG, Brasil, 2017.

Índice	Símbolo	Valor
Coeficiente de correlação	R	0,961
Coeficiente de determinação	R ²	0,924
Índice BIAS	BIAS	0,026
Índice de Willmott	d	0,998
Índice c de desempenho	c	0,959

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo estatístico ajustado apresentou bom desempenho para estimar a concentração de antocianinas nas folhas e pode ser usado, para verificar, de maneira indireta, se o nível de radiação solar em casas de vegetação está adequada para enraizamento das miniestacas, visto que valores altos de antocianinas estão associados a alta intensidade de radiação solar que podem prejudicar o enraizamento das miniestacas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimento à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal pela infraestrutura, ao Departamento de Engenharia Agrícola, a CNPq e a Capes pela concessão de financiamento e Sociedade de Investigação florestais (SIF).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CAMARGO, A. P. de; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, ano 1997.

CORREA LR, FETT-NETO AG (2004) Effects of temperature on adventitious root development in microcutting of *Eucalyptus Saligna Smith* and *Eucalyptus globulus Labil*. **Journal of Thermal Biology** v.29, p. 315-324, ano 2004.

FETT-NETO, A. G.; FETT, J. P.; GOULART, G. P.; TEMIGNONI, R. R.; FERREIRA, A. G.; Distinct effects of auxin and lighth on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. **Tree physiology**, Victoria, Canada, v. 21, n. 7, p. 457- 464, ano 2001.

PEDROSO EJ. Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidade de radiação solar. **Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Viçosa, MG, ano 2016

RUEDELL CM, ALMEIDA MR, SCHWAMBACH J, POSENATO CF, FETT-NETO AG . Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance **Plant Growth regul**,v. 69: p. 235-245, ano 2013.

TATTINE M., LANDI M, BRUNETTI C, GIORDANO C, REMORINI D, GOULD KS, Guidi L. Epdermal coumaroyl anthocyanins protect sweet basil against excess light stress: multiple consequences of light attenuation. **Physiologia Plantarum**, v.152, p.585-598, ano 2014.

WILLMOTT, C.J. On the validation models. **Physical Geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, ano 1981.

INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA PELO DOSSEL DE ESPÉCIES ARBOREAS DA CAATINGA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Carlos André Alves de Souza¹; Maria Gabriela de Queiroz²; Gabriel Ítalo Novaes da Silva³; Thieres George Freire da Silva³

Autor para correspondência: carlosandre08_@msn.com

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco; ²Universidade Federal de Viçosa; ³Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) UFRPE

RESUMO

O processo de interceptação da água da chuva pela vegetação influencia de forma direta a distribuição de água infiltrada na superfície do solo, variando de acordo com o dossel vegetal. Assim objetivou-se analisar as perdas de precipitação por interceptação de duas espécies arbóreas da caatinga, durante dez eventos chuvosos, no semiárido pernambucano. O estudo foi realizado numa área de caatinga no município de Floresta, Pernambuco. No período de 18 de Fevereiro a 17 Abril de 2018 foram realizadas 9 coletas individuais de eventos de chuva (P). Para medição da precipitação interna (PI) foram utilizados interceptômetros, distribuídos abaixo de duas espécies da vegetação. Os dados de P, PI e I foram submetidos a análises de regressão linear, utilizando o programa SigmaPlot, a fim de verificar suas interdependências. O estudo revelou precipitações internas igual a 205,33 e 206,82 mm e interceptação de 64,64 e 61,50 mm, correspondendo, a 76,0%; 77,0%; 23,99% e 23,0% da precipitação acima do dossel, que foi igual a 270,64 mm, para ambas as espécies no período de estudo, nesta ordem. Registrou-se alta relação de dependência entre P e PI ($R^2=0,97$). A precipitação interna e a interceptação de água pelo dossel da vegetação caatinga são relevantes e não deve ser negligenciadas na quantificação do balanço hídrico local.

PALAVRAS-CHAVE: Armazenamento de água; Cobertura vegetal; Precipitação

INTERCEPTION OF RAINFALL BY THE CAATINGA TREE DOSEL IN SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

ABSTRACT

The process of interception of rainwater by vegetation directly influences the distribution of water infiltrated at the soil surface, varying according to the vegetative canopy. The objective of this study was to analyze precipitation losses by interception of two tree species of the Caatinga, during ten rainy events, in the semi-arid region of Pernambuco. The study was carried out in a Caatinga area in the municipality of Floresta, Pernambuco. In the period from February 18 to April 17, 2018, 9 individual rainfall events (P) were performed. To measure the internal precipitation (IP), interceptors were used, distributed below two species of vegetation. The P, PI and I data were submitted to linear regression analysis using the SigmaPlot program in order to verify their interdependencies. The study revealed internal precipitations equal to 205.33 and 206.82 mm and interception of 64.64 and 61.50 mm, corresponding to 76.0%; 77.0%; 23.99% and 23.0% of the above-canopy precipitation, which was 270.64 mm, for both species in the study period, in that order. There was a high dependence ratio between P and PI ($R^2 = 0.97$). The internal precipitation and interception of water by the Caatinga vegetation canopy are relevant and should not be neglected in the quantification of the local water balance.

KEY-WORDS: Water storage; Vegetal cover; Precipitation

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal de uma floresta tem forte impacto no balanço hídrico local, regional e global, logo, informações sobre hidrologia e distribuição da vegetação é essencial para o desenvolvimento de técnicas e estratégias para lidar com secas em ambientes semiáridos (DENG et al., 2015; RIBEIRO FILHO et al. 2019).

A cobertura florestal, através da interceptação, influencia a redistribuição da água da chuva, em que as copas das árvores formam um sistema de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas que chegam ao solo, afetando a dinâmica de água no solo (OLIVEIRA JUNIOR; DIAS, 2005).

A interceptação de chuva pelo dossel depende de condições climáticas e fatores biológicos, estando este último relacionado à arquitetura, estrutura e densidade das plantas (ÁVILA et al., 2014). Logo, as características da vegetação devem ser conhecidas (JONCKHEERE et al., 2004).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Diante da importância de se conhecer qual parcela da chuva é interceptada pelo dossel vegetal para o sistema solo-planta-atmosfera na região semiárida, objetivou-se com este trabalho analisar as perdas de precipitação por interceptação de duas espécies arbóreas da caatinga, durante dez eventos chuvosos, no semiárido pernambucano.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na fazenda Algodões, numa área de vegetação de Caatinga, município de Floresta, Pernambuco, Semiárido nordestino. A região de estudo apresenta distribuição irregular da chuva, com as estações de inverno e primavera relativamente secas, e, verão e outono relativamente úmidos, com destaque para o mês de março.

A coleta de dados foi realizada entre os dias 18 de Fevereiro a 27 de Abril de 2018, quando foram registrados dez eventos de chuva.

Para determinar a interceptação florestal foram coletados dados de precipitação externa (P, precipitação total acima do dossel), e precipitação interna (PI, chuva que atravessa o dossel vegetativo e atinge o solo). No primeiro caso, foi utilizado um pluviômetro automático (CS700-L, Hydrological Services Rain Gage, Liverpool, Austrália) instalado no topo de uma torre micrometeorológica, e para medição da PI, foram utilizados pluviômetros de PVC, localizados abaixo de duas espécies arbóreas do bioma Caatinga, posicionados de forma sistemática a uma altura de 0,9 m, conforme sugerido por Izidio et al., 2003.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os eventos de chuva foram registrados valores de precipitação externa acumulados em 270,64 mm, precipitação interna para *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira) 206,82 mm e de interceptação iguais a 61,50 mm, respectivamente (Figura 1 A). Já para a espécie *Schinopsis brasiliensis* (Braúna), a precipitação interna foi de 205,33 mm e a interceptação de 64,64 mm, respectivamente (Figura 1 B).

Figura 1. Volume de água acumulados (mm) da precipitação externa, precipitação interna e interceptação total da vegetação do bioma caatinga, no município de Floresta, Pernambuco, durante nove eventos de chuva ocorridos entre os dias 18 de Fevereiro a 27 de Abril de 2018.

Observa-se que, houve variação nos valores de interceptação vegetal entre os eventos de chuva, independentemente do volume de água precipitado acima do dossel. Vale ressaltar que estes eventos de chuva estiveram contidos em um intervalo de 69 dias (chuvas ocorridas entre os dias 18/02/2018 a

17/04/2018), e que provavelmente não houve tempo hábil de formar maior biomassa vegetal, que por ventura, seriam responsáveis por armazenar maiores volumes de água no dossel.

As correlações entre a precipitação externa e interna das duas espécies da vegetação de caatinga para os períodos entre os dias 18 de Fevereiro a 27 de Abril de 2018 são apresentadas na Figura 2.

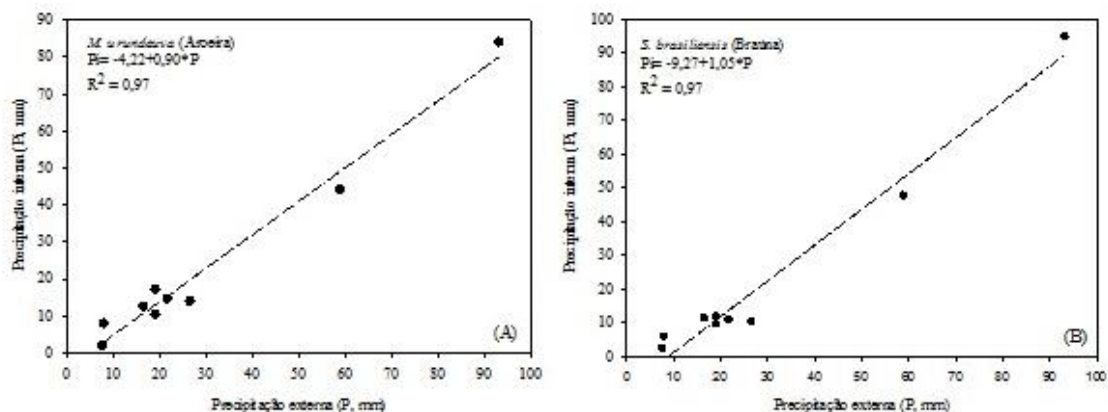


Figura 2: Correlações entre a precipitação externa (P) e precipitação interna (PI) para *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira) (A) e *Schinopsis brasiliensis* (Braúna) (B), para a vegetação de Caatinga, no município de Floresta, Pernambuco, durante nove eventos de chuva ocorridos entre os dias 18 de Fevereiro a 27 de Abril de 2018.

Verifica-se que houve tendência crescente dos valores de PI em relação a P para as duas espécies avaliadas, além de ótimo ajuste (forte interdependência) entre estas variáveis, com coeficientes de determinação de 0,97.

Por meio das análises, estimou-se que, a espécie *Schinopsis brasiliensis* (Braúna), é aquela que possui um maior valor de armazenamento do dossel, uma vez que o processo de precipitação interna só inicia após volumes precipitados de 2,45 mm. Já para a espécie *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira), este valor é de 1,89 mm.

Nota-se que, as características estruturais do dossel dessas duas espécies se diferenciam, sendo a Braúna, planta de dossel mais fechado em comparação a aroeira que tem um dossel mais espaçado (aberto), o que provavelmente foi responsável pelos menores valores de armazenamento de água na mesma.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A precipitação interna e a interceptação de água pelo dossel das duas espécies arbóreas do bioma caatinga avaliadas foram distintas, devido à arquitetura, estrutura e forma de seus dosséis vegetativos, estando altamente dependentes do volume precipitado acima do dossel.

Tanto a precipitação, quanto a interceptação são relevantes e não devem ser negligenciadas na quantificação do balanço de água da vegetação local.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecer a CAPES e a FACEPE pelo apoio financeiro, a Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao grupo GAS (Grupo de Agrometeorologia no Semiárido) pela dedicação e apoio na condução do experimento.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ÁVILA, L. F. et al. Partição da precipitação pluvial em uma microbacia hidrográfica ocupada por mata atlântica na serra da mantiqueira, MG. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p.583-595, 2014

DENG, X. et al,F. Impacts of land use and land cover changes on surface energy and water balance in the Heihe River Basin of China, 2000-2010. **Physics and Chemistry of the Earth**, Amsterdam, n. 79, p. 2-10, 2015.

HE, Z.-B. et al. Spatial variability of canopy interception in a spruce forest of the semiarid mountain regions of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n. 188, p. 58-63, 2014.

IZIDIO, N. S. de C. et al. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 44-52, 2003.

JONCKHEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 121, p. 19-35, 2004.

RIBEIRO FILHO, Jacques C. et al. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in the Brazilian Northeastern Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 21-26, 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

FOCOS DE CALOR NA AMAZÔNIA LEGAL

Helvecio de Oliveira Filho¹; Jose Francisco de Oliveira Junior²; Dimas de Barros Santiago³; Heliofábio Gomes Barros⁴; Givanildo de Gois⁵

Autor para correspondência: helvecio.oliveirafilho@gmail.com

¹Universidade Federal Fluminense; ²Universidade Federal de Alagoas; ³Universidade Federal de Campina Grande; ⁴Universidade Federal de Alagoas; ⁵Universidade Federal Fluminense

RESUMO

Na Amazônia Legal, o desmatamento se intensifica durante a estação seca, logo em seguida começam as queimadas que dão origem aos incêndios. Assim, monitoramento dos focos de calor via satélites ambientais é de vital importância para fiscalizar e atuar as queimadas na Amazônia Legal. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar estatisticamente as ocorrências de focos de calor na Amazônia Legal via BDQueimadas no período de 21 anos. A série temporal consiste de janeiro de 1998 a dezembro de 2018. Os dados de focos de calor foram obtidos a partir do BDQueimadas do INPE. A série temporal foi submetida à análise estatística descritiva (média e frequência) e exploratória (boxplots mensal e anual). O total de 3.146.727 focos de calor e a média de 149.844 focos registrados em todo o período de estudo. Com base na estatística descritiva mostrou que os maiores registros anuais de focos de calor na região foram nos anos de 2002 (6,93%), 2003 (7,06%), 2004 (8,76%), 2005 (8,39%), 2007 (8,37%) e 2010 (6,86%), respectivamente. Vale ressaltar que os anos em destaque totalizaram 1.459.242 focos de calor (46,47%). Na escala mensal, os maiores registros foram nos meses de setembros (31,12%), agosto (22,97%), outubro (15,85%) e novembro (10,32%). A estatística aplicada à série temporal mostra a importância do levantamento das queimadas na Amazônia Legal, visto que os eventos climáticos e fatores antrópicos influenciam na sua variabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Incêndios Florestais; Unidades de Conservação; Satélites Ambientais

FIRE FOCI IN THE LEGAL AMAZON

ABSTRACT

In the Legal Amazon, deforestation intensifies during the dry season, soon after the burning begins which give rise to wildfires. Thus, monitoring of fire foci via environmental satellites is of vital importance in order to control and act on the burned in the Legal Amazon. Therefore, the objective of this study was to statistically evaluate the occurrences of fire foci in the Legal Amazon via BDQueimadas in the 21 year period. The time series consists of January 1998 to December 2018. The data of fire foci were obtained from the BDQueimadas of INPE. The time series was subjected to descriptive statistical analysis (mean and frequency) and exploratory (monthly and annual boxplots). The total of 3,146,727 fire foci and the average of 149,844 fire foci recorded throughout the study period. Based on the descriptive statistics, the highest annual records of fire foci in the region were in 2002 (6.93%), 2003 (7.06%), 2004 (8.76%), 2005 (8.39%), 2007 (8.37%) and 2010 (6.86%), respectively. It is noteworthy that the years in the sum totaled 1,459,242 hot spots (46.47%). In the monthly scale, the highest records were in the months of September (31.12%), August (22.97%), October (15.85%) and November (10.32%). The statistics applied to the time series show the importance of the survey of burnings in the Legal Amazon, since climatic events and anthropic factors influence its variability.

KEY-WORDS: Forest Fires; Conservation Units; Environmental Satellites

INTRODUÇÃO

O conceito de Amazônia Legal foi instituído em 1953 e seus limites territoriais decorrem da necessidade de planejar o desenvolvimento econômico da região e, por isso, não se resumem ao ecossistema de selva úmida, que ocupa 49% do território nacional e se estende também pelo território de oito países vizinhos. Os limites da Amazônia Legal foram alterados várias vezes em consequência de mudanças na divisão geopolítica do país. O Plano Amazônia Sustentável (PAS) lançado em maio deste ano pelo Governo Federal considera integralmente o Estado do Maranhão como parte da Amazônia Brasileira (IPEA, 2019).

Atualmente na Amazônia Legal há 145 Unidades de Conservação Federais e 193 Unidades de Conservação Estaduais. Essas 338 federais e estaduais na Amazônia Legal localizam-se em 338 municípios, diretamente beneficiados pelo reconhecimento e destinação desses territórios para áreas de conservação, uso sustentável, repartição de benefícios, turismo de base comunitária e ecoturismo (ISA, 2019). Porém, os números são alarmantes com relação à prática de queimadas na região Amazônica geralmente não são acidentais e, sim provocadas pelas ações antrópicas, que usa do fogo para desmatar grandes áreas, iniciar cultivos e renovar pastagens, entre outras atividades (CPTEC/INPE, 2019). Vale ressaltar que aumento das queimadas está diretamente ligado ao desmatamento. De acordo com o Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), no acumulado de agosto de 2014 a julho de 2015, a Amazônia Legal perdeu 3.322 km² de florestas. Um aumento de 63% em relação ao mesmo período de 2013 a 2014, quando o desmatamento somou 2.044 km² (IMAZON, 2019).

Na Amazônia Legal, o desmatamento se intensifica durante a estação seca, logo em seguida começam as queimadas. O período de poucas chuvas e vegetação mais seca propicia o uso e a propagação do fogo. Assim, monitoramento dos focos de calor via satélites ambientais, por exemplo, AQUA MT e TERRA MM são de vital importância para fiscalizar e atuar as queimadas na Amazônia Legal.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar estatisticamente as ocorrências de focos de calor na Amazônia Legal no período de 21 anos (1998 - 2018) via BDQueimadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Amazônia Legal é uma área que corresponde a 59% do território brasileiro e engloba a totalidade de oito estados (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins) e parte do Estado do Maranhão (a oeste do meridiano de 44°W), perfazendo 5,0 milhões de km² - (Figura 1). Destaque que nela residem 56% da população indígena brasileira.

Figura 1 : Localização da área de estudo, Amazônia Legal com os seus respectivos estados

Os dados de focos de calor utilizados neste estudo foram obtidos a partir da base de dados gratuita do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e INPE, disponível no BDQueimadas - (<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas>). Foi analisada uma série temporal de focos de calor de 21 anos, com início em janeiro de 1998 e término em dezembro de 2018, que não sofreu separação por categoria de satélite ambiental ou sensor orbital, seguido de nenhum tratamento para distinção de queimadas e incêndios florestais em relação aos focos que são obtidos, por exemplo, de granitos, espelhos d'água, construções ou parques industriais (CAÚLA et al., 2015; CAÚLA et al., 2016). Foram considerados todos os focos de calor disponibilizados no site do BDQueimadas para a análise dos dados. Os dados foram organizados em planilha Excel e divididos em dois blocos. O primeiro, composto pelo total de focos de calor

para cada mês e ano de todo a Amazônia Legal, sendo submetido à análise estatística descritiva (média, e frequência (%)) e exploratória (*boxplot* – média, mediana, amplitude interquartílica, mínimo, máximo e valores discrepantes - *outliers*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento orbital na Amazônia Legal registrou 3.146.727 focos de calor e a média de 149.844 focos ocorridos no período de 1998/2018. De acordo com a Figura 2(a), segundo a série temporal mostrou que os maiores registros anuais de focos de foram nos anos de 2002 (6,93%), 2003 (7,06%), 2004 (8,76%), 2005 (8,39%), 2007 (8,37%) e 2010 (6,86%), respectivamente. Vale ressaltar que os anos em destaque totalizaram 1.459.242 focos de calor, correspondente a 46,47% da série temporal.

Os anos destacados com os maiores registros de focos de calor correspondem a anos de ocorrência de *El Niño* (por exemplo, 2001/2002; *El Niño* moderado, 2007, *El Niño* fraco) e secas extremas (2005 e 2010) na Amazônia Legal. No início da série temporal foram verificadas as menores taxas de focos de calor, juntamente com final da série temporal em todo período de estudo, conforme observado por Caúla et al. (2015) em relação aos focos de calor no Brasil. Vale ressaltar que no início da série temporal eram apenas 4 satélites ambientais (NOAA-12 –satélite de referência, ATSR, TERRA M-M e TERRA M-T) e o sensor era o AVHRR - (CPTEC/INPE, 2019), enquanto que no final da série temporal houve a mudança dos sensores orbitais (MODIS) e dos satélites de referências (AQUA MT e NPP 375). Na escala mensal, os meses com os maiores registros foram setembro (979.338 focos, 31,12%), agosto (723.044 focos, 22,97%), outubro (498.797 focos, 15,85%) e novembro (325.008 focos, 10,32%) – (Figura 2b).

Figura 2 : Total e Média (a) e a distribuição mensal dos focos de calor (b) da Amazônia Legal no Período de 1998-2018

A distribuição mensal dos focos de calor na Amazônia Legal mostrou alta variabilidade da série temporal mensal, com os maiores registros nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro, e anual principalmente entre os anos 2002 a 2007 (Figura 3). Os meses que se destacaram nesses anos com altos valores de focos de calor foram correspondentes aos episódios de *El Niño* e seca severa na região, citados anteriormente. Vale ressaltar que no momento em que a umidade do ar está baixa, a probabilidade de ocorrência de incêndios aumenta (Cardoso et al., 2013), em decorrência de uma maior transpiração vegetal, resultado da diferença de vapor d'água entre a folha e a atmosfera (CLEMENTE et al., 2017). Não se descarta a evolução dos sensores orbitais, mudanças dos satélites de referência e aumento dos satélites ambientais na série temporal (CAÚLA et al., 2016; CLEMENTE et al., 2017). Foi observada a existência de valores discrepantes (*outliers*) em todos os anos e meses analisados (Figura 3). Existe uma heterogeneidade dos valores dos focos de calor dentro do conjunto de dados, essa não normalidade dos focos de calor na Amazônia Legal pode ser em decorrência dos eventos climáticos e dos fatores antrópicos (queimadas, desmatamentos e uso e ocupação do solo para agropecuária) ocorridos nos anos analisados, o que resultou na variabilidade da série temporal de focos de calor.

Figura 3 : Boxplots dos Focos nas escalas mensal (a) e anual (b) da Amazônia Legal no Período de 1998-2018

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os anos destacados na série temporal via estatística descritiva e exploratória são correspondentes à atuação do *El Niño*, independente da categorização, correspondente a 46,47% dos focos de calor. O quadrimestre identificado na série temporal corresponde os meses mais críticos na incidência dos focos de calor na Amazônia Legal. A estatística aplicada à série temporal mostra a importância do levantamento das queimadas na Amazônia Legal, visto que os eventos climáticos e fatores antrópicos influenciam na sua variabilidade.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a UFF, UFAL, UFCG e CPTEC/INPE pelos dados de focos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Cardoso, V. C.; Souza, S. A.; Biudes, M. S.; Machado, N. G. Focos de calor na região Centro-Oeste no período de 2006 a 2012. *In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Salvador: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento. 6 p, 2013.

Caúla, R. H.; Oliveira-Júnior, J. F.; Gois, G.; Delgado, R. C.; Pimentel, L. C. G.; Teodoro, P. E. Nonparametric statistics applied to fire foci obtained by meteorological satellites and their relationship to the MCD12Q1 product in the state of Rio de Janeiro, Southeast - Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 3, p. 1056-1067, 2016.

Caúla, R. H.; Oliveira-Júnior, J. F.; Lyra, G. B.; Delgado, R. C.; Heilbron Filho, P.F.L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Sciences (Print)**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/INPE). **Banco de Dados de Queimadas - BDQueimadas**. Cachoeira Paulista. Disponível em: <www.cptec.inpe.br/bdqueimadas> Acesso em: 01 Maio 2019.

Clemente, S. S.; Oliveira Júnior, J. F.; Louzada, M. A. P. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 669-677, 2017.

IMAZON - Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia. Em <<http://amazoniareal.com.br/por-tras-da-alta-das-queimadas-esta-o-desmatamento-que-aumentou-88-no-amazonas/>> Acesso em 30 de Abril de 2019.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?>> Acesso em 30 de Abril de 2019

ISA – Instituto Socioambiental. Disponível em : <<https://uc.socioambiental.org/pt-br/paineldedados#historico>> Acesso em 30 de Abril de 2019.

POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL EM AGROECOSSISTEMAS DE LONGA DURAÇÃO NO CERRADO

Alexsandra Duarte de Oliveira¹; Isis Lima dos Santos²; Cícero Celio de Figueiredo²; Artur Gustavo Muller¹; Jorge Cesar dos Anjos Antonini¹
Autor para correspondência: alexsandra.duarte@embrapa.br

¹Embrapa Cerrados; ²Universidade de Brasília

RESUMO

A incorporação do bioma Cerrado para atividades agropecuárias tem promovido alterações na dinâmica do nitrogênio (N), com consequente elevação das emissões de N₂O para atmosfera. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar a contribuição de sistemas produtivos sob plantio direto e convencional no potencial de aquecimento global parcial em experimento de longa duração. Os sistemas agrícolas utilizados incluíram: (i) plantio direto, com uma safra de soja, seguida por uma segunda safra de sorgo (PD1); (ii) plantio direto, com uma safra de milho e posterior, plantio de guandu (PD2); (iii) sistema convencional, com uma safra de soja seguida de pousio do solo (PC). As medições foram realizadas de outubro de 2013 a setembro de 2014 através do uso de câmara estática, com determinação dos fluxos, por cromatografia gasosa. O potencial de aquecimento global parcial (pGWP) para PC, PD1 e PD2 foram: 406, 316 e 189 kg CO₂eq ha⁻¹, respectivamente. Do total das emissões acumuladas no PC, 75% aconteceram no pousio. Sugerindo que o monocultivo com soja seguido de pousio do solo, não é uma condição adequada. Entre os diferentes sistemas de plantio direto avaliados o PD2 (milho-guandu) foi o que apresentou menor pGWP, portanto, uma rotação de culturas mais eficiente para a mitigação de N₂O.

PALAVRAS-CHAVE: rotações culturais; sistema de manejo; N₂O

GLOBAL WARMING POTENTIAL IN LONG-TERM AGROECOSYSTEMS IN CERRADO

ABSTRACT

The integration of this biome in agricultural activities induced changes in nitrogen (N) dynamics, consequently increasing N₂O emissions to the atmosphere. Thus, the objective of this work was to determine the contribution of no-tillage and conventional systems to partial global warming potential in a long-term experiment in the Cerrado. The agricultural systems included: (I) no-tillage soybean in the main and sorghum in the late growing season (NT1); (II) no-tillage maize in the main and pigeon pea in the late growing season (NT2); (III) soybean in the main and fallow in the late growing season under conventional tillage (CT). Measurements in a closed static chamber were carried out from October 2013 to September 2014 to determine the fluxes by gas chromatography. The partial global warming potential (pGWP) for CT, NT1 and NT2 were: 406, 316 e 189 kg CO₂eq ha⁻¹, respectively. At CT, N₂O accumulated emissions was 75% during the fallow period. Suggesting the monoculture with soybean is not a sustainable condition. Among the different tillage systems, NT2 was the lowest pGWP. This, crop rotation is therefore indicated as the most efficient to mitigate N₂O.

KEY-WORDS: crop rotation; management system; N₂O

INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2013), no Brasil, os solos agrícolas são responsáveis por 64% das emissões diretas de N_2O . A relação entre a agricultura e a emissão desse gás, provém da constatação de que a agricultura mundial é uma das principais fontes primárias antropogênicas do N_2O , contribuindo, nos últimos anos, em média, com $4,1 \text{ Tg de } N_2O \text{ ano}^{-1}$ (Davidson & Kanter, 2014). As últimas projeções do quinto relatório divulgado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) alertam que existe uma tendência de redução de áreas agricultáveis, tornando as terras impróprias para cultivos, devido, às mudanças climáticas. O uso de implementos agrícolas para preparo do solo, manejo das culturas e resíduos orgânicos, condições gerais de acidez e fertilidade do solo, umidade do solo, e, principalmente, a adição de fertilizantes nitrogenados minerais, interferem diretamente na atividade de comunidades microbianas e fluxos de N_2O (IPCC, 2007; Fub et al., 2011). No Cerrado brasileiro um dos novos desafios é aliar grandes produções com uma agricultura sustentável que forneça biomassa vegetal em quantidade adequada para uma boa cobertura do solo e em qualidade para que haja adequada ciclagem de nutrientes. Para tanto, o uso do sistema plantio direto (PD), tem sido relatado como alternativa para minimizar os impactos causados por práticas anteriores que incluíam o revolvimento e a não manutenção de resíduos orgânicos sobre o solo e, conseqüentemente, reduções das emissões de gases de efeito estufa (Santos et al., 2016). No Brasil, aproximadamente 71 milhões de hectares brasileiros estão sob cultivos agrícolas (IBGE, 2014), desse total, mais de 31 milhões de hectares são manejados sob o sistema PD (FEBRAPDP, 2012). Esse sistema de manejo, em expansão considerável, tem demandado por maiores esclarecimentos sobre o seu potencial mitigador em comparação ao sistema convencional (PC), no que se refere, especialmente, às emissões de N_2O , aqui representada pelo potencial de aquecimento global (pGWP).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi determinar a contribuição de agroecossistemas sob plantio direto e convencional no potencial de aquecimento global parcial em experimento de longa duração no Cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de outubro de 2013 a setembro de 2014, em uma área experimental implantada em 1996, da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF, Brasil ($15^{\circ}33'33,99'' \text{ S}$, $47^{\circ}44'12,32'' \text{ W}$ e altitude de 1.035 m). O clima da região corresponde a Aw-tropical chuvoso (Köppen). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. Cada parcela media $22 \times 18 \text{ m}$, distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Foram selecionados para esse estudo, dois sistemas de manejo sob plantio direto: 1. Plantio direto com rotações bienais de leguminosas-gramíneas e segunda safras alternadas de gramíneas-leguminosas (no ano do estudo utilizou-se a rotação soja-sorgo)-PD1 e 2. Plantio direto com rotações bienais de gramíneas-leguminosas e safrinhas alternadas de leguminosas-gramíneas (utilizou-se milho-guandu) – PD2 e um sistema convencional com uso de grade pesada e rotação bienal leguminosas-gramíneas (safra de soja) - PC. Os fluxos de N_2O foram medidos através do método da câmara estática. Foram realizadas amostragens diárias por pelo menos três dias consecutivos após eventos de: precipitação pluviométrica, preparo do solo, plantio, colheitas e fertilizações de N. Em cada parcela experimental, foram instaladas três câmaras estáticas, que permaneceram por 25 dias após a emergência das culturas nas linhas e, posteriormente, nas entrelinhas, em função do crescimento da cultura, mais detalhes metodológicos em Santos et al., (2016). Amostras de ar do interior da câmara foram coletadas aos 0, 15 e 30 minutos após o fechamento das câmaras. A concentração de N_2O armazenada nos vials foi determinada por cromatografia gasosa. Os fluxos de N_2O foram medidos pela alteração linear da concentração do gás com o tempo de incubação nas câmaras, e calculados segundo Bayer et al., (2015). As emissões acumuladas de N_2O foram determinadas a partir da interpolação linear dos valores diários de emissão de N_2O do solo e o potencial de aquecimento global parcial, que se refere somente ao potencial do N_2O (pGWP), expresso em equivalente de dióxido de carbono – (CO_2eq), foi calculado multiplicando-se as emissões acumuladas de N_2O pela forçante radiativa do referido gás. Para isso, foi utilizado o fator de conversão de $298 \text{ kg } CO_2 \text{ kg}^{-1} N_2O$ (IPCC, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emissões acumuladas de N₂O do solo foram influenciadas pelos sistemas de manejo e rotação cultural. Considerando o acumulado anual, as emissões de N₂O foram agrupadas em PC (1,36 kg ha⁻¹) = PD1(1,0 kg ha⁻¹) ≥ PD2 (0,70 kg ha⁻¹). O PC apresentou valores elevados para as condições do Cerrado, podendo estar associado a uma decomposição mais rápida dos resíduos culturais, decorrentes de baixos valores da razão C/N e da qualidade dos resíduos, associado ao efeito do revolvimento do solo (Jantalia et al., 2008) promovendo maior emissão de N₂O. De acordo com Bayer et al. (2015) o período pós manejo no sistema convencional cultivado com leguminosa-gramínea responde por 90% da emissão de N₂O. No estudo, do total apresentado de emissão acumulada no PC, 75% foi durante o pousio.

No PD2, o milho (safra) foi a cultura associada ao sistema de manejo que apresentou maior acumulado de N₂O com 0,48 kg ha⁻¹, sendo duas vezes superior quando comparado aos sistemas PD1 e PC. Já para os cultivos de safrinha, no PD2 o guandu acumulou apenas 0,15 kg ha⁻¹ de N₂O, enquanto o sorgo no PD1 acumulou 0,81 kg ha⁻¹ de N₂O.

Com base nos resultados de emissão acumulada no período de um ano, foram calculados os pGWP para os diferentes sistemas de manejo (Fig. 1). O PC apresentou maior pGWP (406 kg CO₂eq ha⁻¹) do que o PD2 (189 kg CO₂eq ha⁻¹), enquanto o PD1 não se diferenciou dos demais sistemas. Robertson et al. (2000), relataram que o sistema em plantio direto com rotação milho-trigo-soja, apresentaram um GWP positivo, com uma média de 140 kg CO₂eqha⁻¹, porém menores que o sistema de preparo convencional do solo (1.140 kg CO₂eq ha⁻¹). Em termos relativos, em um ano de estudo, cada hectare plantado sob sistema de manejo com uma única safra anual de soja (PC) é equivalente a 2,14 ha plantados com milho seguido de guandu (PD2) em termos de pGWP por emissão de N₂O. Embora nesse curto período de tempo, as diferenças entre o PD2 e PC não tenham sido significativas pelo teste Tukey, verificou-se uma tendência, que pode ou não ser confirmada em longo prazo, de contribuições 22% maiores em termos de emissão, quando se compara o sistema de produção de soja seguido de uma segunda safra (PD1) e plantio convencional sem safrinha.

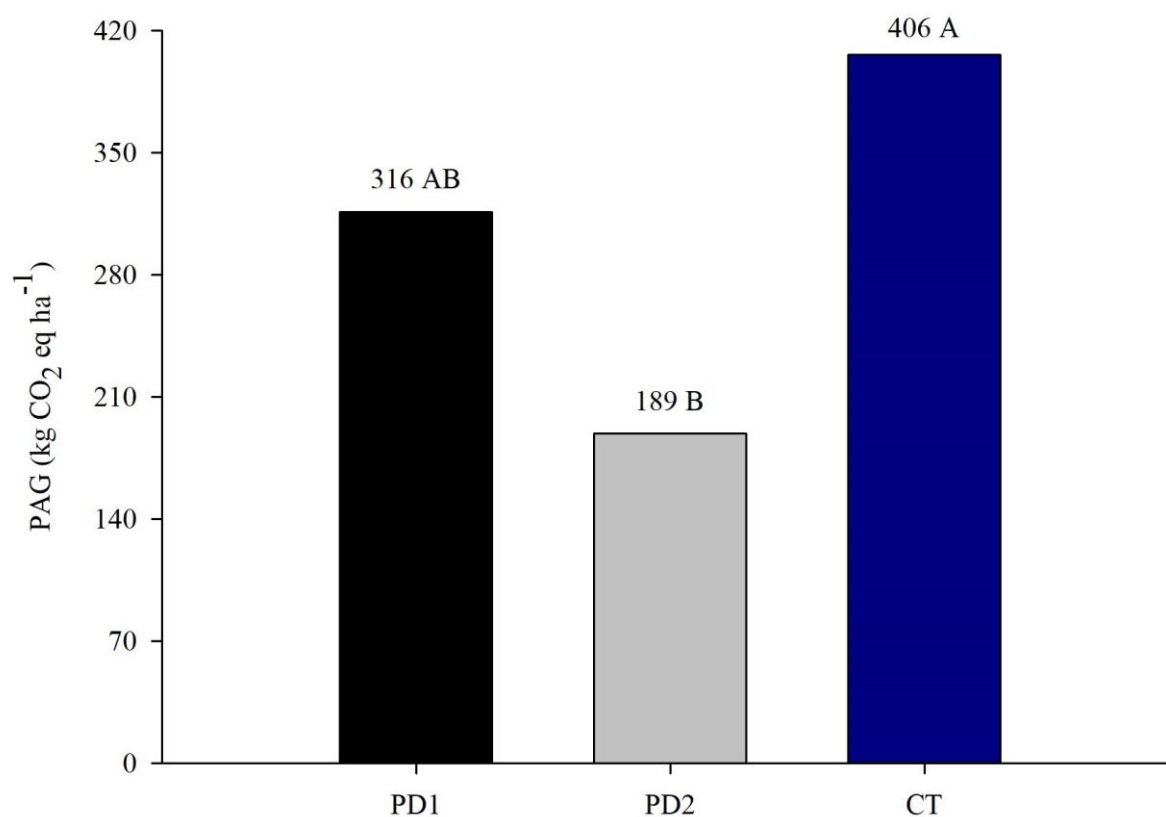


Figura 1. Potencial de aquecimento global parcial (pGWP) dos sistemas de manejo de acordo a emissão acumulada de óxido nítrico expressa em equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq). PD1= plantio direto com safra de soja e safrinha de sorgo; PD2 = plantio direto com safra de milho e safrinha com guandu; PC = plantio convencional safra de soja e posterior pousio. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Figura 1. Potencial de aquecimento global parcial (pGWP) dos sistemas de manejo de acordo a emissão acumulada de óxido nitroso expressa em equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq). PD1= plantio direto com safra de soja e safrinha de sorgo; PD2 = plantio direto com safra de milho e safrinha com guandu; PC = plantio convencional safra de soja e posterior pousio. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os sistemas integrados sob PD, quando comparados ao monocultivo de soja sob PC, contribuíram para a mitigação de emissões de N₂O. A escolha de sistemas de manejo e rotação cultural adequados, diminui as emissões em equivalente de CO₂ (pGWP). Portanto a definição de um sistema mitigador das emissões de N₂O deverá se basear no tipo de cultura (gramínea/leguminosa) a ser utilizada na rotação de culturas e no máximo aproveitamento do N disponível no sistema.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O trabalho foi apoiado financeiramente pela Embrapa Cerrados e Universidade de Brasília.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; PICCOLO, M. C.; DIECKOW, J.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions as affected by long-term tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, n. 146, p. 213 - 222, 2015.

DAVIDSON, E. A.; KANTER, D. Inventories and scenarios of nitrous oxide emission. **Environment Research Letters**, n. 9, p. 1-12, 2014.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – FEBRAPDP. **Área do sistema plantio direto 2011-2012**. Disponível em: http://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.jpg. Acesso em: abril de 2019.

FUB, R.; RUTHA, B.; SCHILLING, R.; SCHERBC, H.; MUNCHA, J. C. Pulse emissions of N₂O and CO₂ from an arable field depending on fertilization and tillage practice. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n. 144, p. 61-68, 2011.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 82, p. 161-173, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **Levantamento sistemático de produção agrícola - Estimativas Outubro/Novembro, 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatística/indicadores/agropecuária/ispa/ispa_201411_1.shtm>. Acesso em: 22 de abril de 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Eds. PICHES-MADRUGA, O. R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLOMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T.; MINX, J. C. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC: **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. PACHAURI, R. K; REISINGER, A. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. Sumário Executivo, 2013. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, Brasil, 80 p., 2013.

SANTOS, I.L.; OLIVEIRA, A.D. de; FIGUEIREDO, C.C.; MALAQUIAS, J.V.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FERREIRA, E.A.B.; SA, M.A.C.; CARVALHO, A. M.. Soil N₂O emissions from long-term agroecosystems: Interactive effects of rainfall seasonality and crop rotation in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 111-120, 2016.

VARIABILIDADE DE N-MINERAL EM SOLOS SOB SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO

Alexsandra Duarte de Oliveira¹; Emanuel José R. de Magalhães²; Cícero Celio de Figueiredo²; Fernando Antonio Macena da Silva¹; Artur Gustavo Muller¹
Autor para correspondência: alexsandra.duarte@embrapa.br

¹Embrapa Cerrados; ²Universidade de Brasília

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) e o número adequado de amostras a serem coletadas em solos submetidos a sistemas de plantio direto e convencional no Cerrado, sob duas formas de coleta: aleatória e sistemática. Foi utilizado um experimento localizado na área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina – DF, em Latossolo Vermelho, cultivado com soja e milho. Foi utilizado o método de Kjeldahl para determinação de NH_4^+ e NO_3^- . O amônio apresentou maior variabilidade após a adubação nitrogenada. No sistema plantio direto (SPD) há maior necessidade de subamostras apenas nas coletas antes da adubação. Após a adubação nitrogenada, o sistema de preparo convencional (SPC) exige um maior número de subamostras para avaliação dos teores de nitrogênio mineral. Existe necessidade de maior número de subamostras, para uma representatividade adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Amostragem; NH_4^+ ; NO_3^-

N-MINERAL VARIABILITY IN SOILS UNDER MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CERRADO

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the variability of ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) and the adequate number of samples to be collected in soils submitted to no-tillage and conventional systems in the Cerrado, under two forms of sampling: random and systematic. It was used an experiment located in the experimental area of Embrapa Cerrados, in Planaltina - DF, in clayey Oxisol, cultivated with soybean and maize. The Kjeldahl method was used to determine NH_4^+ and NO_3^- . The ammonium presented greater variability after the nitrogen fertilization. In the no-tillage system (NT) there is a greater need for subsamples only in the collections before fertilization. After the nitrogen fertilization, the conventional tillage system (CT) requires a larger number of subsamples to evaluate the mineral nitrogen contents. There is a need for a greater number of subsamples for adequate representation.

KEY-WORDS: sampling; NH_4^+ ; NO_3^-

INTRODUÇÃO

A busca por maior sustentabilidade da produção no Cerrado envolve o uso de sistemas com mínimo revolvimento do solo e acúmulo de matéria orgânica, além de adequado e eficiente manejo da adubação. Para isso, faz-se necessário o conhecimento sobre a distribuição de nutrientes do solo, através de um bom método de amostragem quando aplicados em solos sob diferentes sistemas de manejo. Um dos elementos

fundamentais na produção agrícola é o nitrogênio (N). No solo, este elemento encontra-se predominantemente na forma orgânica e, a sua disponibilização para as plantas passa pelo processo de mineralização, definido como a transformação do N da forma orgânica para a inorgânica (NH_4^+ ou NH_3). O processo é realizado por microrganismos heterotróficos do solo, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia (Cantarella, 2007). Porém, devido às transformações sofridas no solo, condições climáticas e dos sistemas agrícolas implantados, o nitrogênio pode apresentar elevada variabilidade, podendo causar perdas econômicas devido, procedimentos inadequados de amostragem do solo. Além das perdas econômicas, aplicações em excesso de nitrogênio podem acarretar problemas ambientais, já que as transformações químicas que o N sofre no solo podem favorecer a liberação de gases de efeito estufa para o meio ambiente, principalmente na forma de óxido nitroso. Portanto, a variabilidade espacial dessas formas minerais de N precisam ser melhor compreendidas quando são utilizados sistemas de manejo com e sem incorporação dos restos culturais ao solo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade de amônio e nitrato e o número adequado de amostras em solos submetidos aos sistemas de plantio direto (SPD) e convencional (SPC) no Cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina-DF ($15^\circ35'30''\text{S}$ e $47^\circ42'00''\text{W}$ e altitude de 1.014 m). O clima da região corresponde ao tipo Aw, segundo classificação de Köppen. O solo é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa e sua amostragem foi realizada em três momentos distintos. A primeira coleta foi realizada um dia antes da adubação de cobertura do milho, no dia 7/12/2013. A segunda coleta foi realizada um dia após a aplicação do fertilizante, em 9/12/2013. A última coleta foi realizada em 11/12/2013, três dias após a aplicação de fertilizante. As amostras foram coletadas na profundidade 0-10 cm, três amostras (15 subamostras) por tratamento, sob duas formas de amostragem: aleatória e sistemática. Na amostragem aleatória, foram coletadas amostras em pontos diversos da parcela, caracterizado por um caminhar irregular e aleatório. Já no método sistemático, a amostragem foi realizada ao longo das linhas de plantio e nas entrelinhas de cultivo, com uma distância de 12,5 cm entre cada ponto de coleta. O procedimento para a determinação do N-mineral (NH_4^+ e NO_3^-) envolveu a extração de íons utilizando solução de 50 mL de 2 mol L^{-1} KCl, seguido de destilação pelo Método de Kjeldahl. A soja cultivar BRAS 110016 foi plantada em 20/10/2013. O espaçamento utilizado foi de 45 cm entre linhas e 16 plantas por metro. A adubação de plantio foi de 400 kg ha^{-1} da fórmula 0-20-20. O híbrido de milho 30F53H foi plantado em 22/10/2013. O espaçamento utilizado foi de 70 cm. A adubação de plantio foi de 350 kg ha^{-1} (4-30-16) e posteriormente duas aplicações de cobertura com 70 kg de ureia (11-nov. e 8-dez./2013). Os resultados analíticos foram submetidos a análise estatística e teste de normalidade de Shapiro Wilk, utilizando-se o software XLSTAT 2013. Foi determinado o número mínimo de subamostras para formar uma amostra composta representativa de cada área, a partir dos resultados analíticos das subamostras e cálculo dos coeficientes de variação e parâmetros estatísticos indicados na equação ($N = (\text{CV} \cdot t/e)^2$), utilizada por Cardoso et al. (2014). O número de subamostras (N) requeridas para a estimativa da média dos atributos foi calculada a partir do coeficiente de variação (CV %), do erro percentual admitido em torno da média (e) e do valor (t) relativo à probabilidade de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação estatística para amônio e nitrato, em plantio direto e convencional, em diferentes métodos de coleta encontram-se na tabela 1. De maneira geral, os teores de NH_4^+ foram superiores aos de NO_3^- , independente da forma de coleta e do sistema de manejo do solo. Os maiores teores médios de amônio foram verificados na coleta sistemática, tanto para SPD quanto para SPC, tanto no dia anterior como no dia posterior à adubação. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da coleta sistemática necessariamente contemplar a linha de plantio onde o adubo nitrogenado foi aplicado. Os teores médios de NH_4^+ tiveram maior elevação do que o NO_3^- , independentemente do método de coleta. Isso pode ser

atribuído ao fato do NH_4^+ ser o primeiro produto da mineralização do nitrogênio, influenciando os resultados mais elevados para esse componente (Cantarella, 2007).

Em relação à variabilidade dos dados, os valores do CV foram elevados (>55%) em todas as combinações de tratamentos x método de coleta x data de coleta. O NO_3^- apresentou maior CV do que o NH_4^+ somente na primeira data de amostragem, em todas as formas de coleta e em ambos os sistemas de manejo, podendo estar relacionados com as condições ambientais do período de coleta, que interferem nas reações do ciclo do N. Os valores médios de NH_4^+ aumentaram nas amostragens após a adubação, principalmente, no SPC sob a forma de coleta sistemática. Na coleta realizada três dias após a adubação nitrogenada (Tabela 1), os valores em torno da média apresentam grande variabilidade, especialmente para o NH_4^+ quando comparado aos períodos anteriores. Na 3ª coleta, os teores médios de amônio foram mais elevados do que aqueles apresentados nas coletas anteriores, com destaque para o amônio no SPC. Enquanto os teores de nitrato pouco se alteraram em relação à primeira coleta.

Quanto à normalidade dos dados, constatou-se pelo teste Shapiro-Wilk que as variáveis NH_4^+ e NO_3^- em todos os sistemas de manejo e modos de coleta, exceto o amônio no plantio direto com a coleta sistemática e o amônio no SPC na coleta aleatória, não se ajustaram à distribuição normal de frequências. Os valores do critério de classificação para o CV proposto por Warrick e Nielsen (1980) para avaliar a dispersão dos dados revelaram-se como altos ($\text{CV} > 24\%$) para NH_4^+ e NO_3^- , nos sistemas e modos de coleta. O número de subamostras necessário para estimar o valor de cada variável estudada, considerando erros de 5 %, 10 %, 20 % e 40 % em torno da média, na coleta antes da adubação, encontra-se na tabela 2. O número mínimo de amostras foi elevado em todas as combinações de tratamentos x método de coleta x data de coleta, devido à alta variabilidade do CV. Verificou-se na 1ª coleta que o NO_3^- apresentou maior necessidade de subamostras em relação ao NH_4^+ , e que após a adubação nitrogenada de cobertura, o número de subamostras para NH_4^+ aumentou.

Tabela 1. Média, coeficiente de variação (CV) e valores de Shapiro Wilk (W) dos teores de nitrato e amônio de amostras coletadas um dia, um dia após e três dias após adubação, de forma aleatória e sistemática, em solo sob sistema de plantio direto (SPD) e convencional (SPC).

Data	Estatística	Sistema de manejo							
		PD				PC			
		Sistemático		Aleatório		Sistemático		Aleatório	
Coletas	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	
	Média	6,017	14,263	5,250	5,547	5,458	15,576	6,143	10,752
07/12	CV	102	56	115	87	71	62	91	62
	W	0,86 ^{ns}	0,93*	0,81 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,93*
	Média	6,99	22,79	6,86	14,38	5,60	37,84	8,94	28,83
09/12	CV	101	100	87	76	114	144	118	108
	W	0,85 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,64 ^{ns}
	Média	11,03	25,46	12,86	27,54	6,71	31,09	9,23	20,03
11/12	CV	84	99	62	101	76	170	120	119
	W	0,91 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,68 ^{ns}

*significativo a 5% ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo pelo teste de Shapiro Wilk.

Tabela 2. Número de subamostras necessárias para estimar os valores de amônio e nitrato de amostras coletadas no dia anterior, um dia após e três dias após a adubação, de forma aleatória e sistemática, em solo sob sistema de plantio direto (SPD) e convencional (SPC), considerando erros em torno da média de 5%, 10%, 20%, 40%.

Data	Erro	Sistema de manejo							
		PD				PC			
		Sistemático		Aleatório		Sistemático		Aleatório	
Coleta	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	
	5%	1202,11	361,61	1525,25	869,15	578,77	449,17	948,19	448,54
	10%	300,53	90,40	381,31	217,29	144,69	112,29	237,05	112,14
07/12	20%	75,13	22,60	95,33	54,32	36,17	28,07	59,26	28,03
	40%	18,78	5,65	23,83	13,58	9,04	7,02	14,82	7,01
	5%	1187,07	1152,82	875,10	669,50	1497,95	2391,24	1599,65	1355,00
09/12	10%	296,77	288,20	218,77	167,37	374,49	597,81	399,91	338,75
	20%	74,19	72,05	54,69	41,84	93,62	149,45	99,98	84,69
	40%	18,55	18,01	13,67	10,46	23,41	37,36	24,99	21,17
11/12	5%	825,96	1134,18	438,31	1175,11	676,25	3340,48	1658,16	1645,13
	10%	206,49	283,55	109,58	293,78	169,06	835,12	414,54	411,28
	20%	51,62	70,89	27,39	73,44	42,27	208,78	103,64	102,82
	40%	12,91	17,72	6,85	18,36	10,57	52,20	25,91	25,71

No que se refere ao modo de coleta, o sistemático apresentou maior necessidade de amostras um dia após a adubação de cobertura, mas teve valores semelhantes nas outras coletas. Entre os sistemas de preparo, apenas o NH₄⁺ antes da adubação no plantio direto necessita de maior número de amostras e após a adubação no plantio convencional. Na avaliação entre sistemas de manejo, um dia após a adubação, o SPC necessita de maior número de subamostras do que o SPD, independente da forma de coleta. Enquanto que, na coleta realizada três dias após aplicação do adubo nitrogenado, os valores necessários de subamostras para o amônio foram superiores aos encontrados para o nitrato. Isso demonstra que a medida da variabilidade, obtida por determinado método de amostragem, nem sempre corresponde à realidade e que muitas vezes os programas de adubação são montados sobre bases pouco confiáveis (Alvarez V. e Guarçoni, 2003). Essa elevada variabilidade em determinados atributos do solo também foi observado por Oliveira et al. (2007) em área sob SPD e SPC. Com base na amostragem tradicional, pode-se concluir que na busca por indicadores mais precisos de amostragem do solo, o número de subamostras para representar as quantidades de N mineral deve ser muito superior às utilizadas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O amônio foi a forma de nitrogênio predominante no solo e a que apresentou maior variabilidade após aplicação da ureia. De maneira geral, sob plantio direto há maior necessidade de subamostras apenas nas coletas antes da adubação. Após a adubação nitrogenada, o SPC exige um maior número de subamostras para avaliação dos teores de nitrogênio mineral. Para determinar o N mineral existe a necessidade de maior de subamostras para uma representatividade adequada na área. Não houve constatação precisa sobre o melhor modo de coleta de solo (aleatório ou sistemático).

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O trabalho foi apoiado financeiramente pela Embrapa Cerrados e Universidade de Brasília.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVAREZ V, V. H.; GUARÇONI, M. A. Variabilidade horizontal da fertilidade do

solo de uma unidade de amostragem em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.297-310, 2003.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CARDOSO, J.A.; LACERDA, M.P.C.; REIN, T.A.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FIGUEIREDO, C.C. Variability of soil fertility properties in areas planted to sugarcane in the state of Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, v.38, p506-515, 2014.

OLIVEIRA, F. H. T.; ARRUDA, J. A.; SILVA, I. F.; ALVES, J. C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.973-983, 2007.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. eds. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. p. 319-344.

ADAPTAÇÃO AO AQUECIMENTO GLOBAL COM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CAFÉ E SERINGUEIRA

Paulo Henrique Caramori¹; Geovanna Cristina Zaro²; Nathan Felipe da Silva Caldana³; George Mitsuo Yada Junior⁴; Alan Carlos Martelocio¹

Autor para correspondência: pcaramori@gmail.com

¹Instituto Agronômico do Paraná; ²Universidade Estadual de Londrina; ³Universidade Tecnológica Federal do Paraná; ⁴FAPEAGRO; ⁵Embrapa Florestas

RESUMO

Medidas de adaptação às mudanças climáticas são alternativas para conviver com um cenário futuro de temperaturas mais elevadas. No caso do café arábica, os sistemas agroflorestais (SAF) com espécies de hábito arbóreo são práticas promissoras para reduzir o excesso de calor durante o dia. Os objetivos deste estudo foram: 1) avaliar as alterações térmicas que ocorrem em cafezais consorciados com filas duplas de seringueiras; 2) realizar uma análise de cenários futuros de aquecimento para o café, em condições de cultivo a pleno sol e em SAF com filas duplas de seringueiras. As alterações microclimáticas foram medidas em um cafezal adulto em Londrina, PR, SAF com filas duplas de seringueira espaçadas de 16 m comparadas com o cultivo a pleno sol, a 1,00 m de altura na entrelinha dos cafeeiros, de junho de 2016 a junho de 2018. Verificou-se atenuação média da temperatura do ar de 2,5°C no ponto médio entre duas filas duplas e de 3,5°C embaixo das copas de seringueiras. Simulações mostraram que a atenuação de 2°C, em SAF, possibilita o cultivo nas áreas atuais do Paraná com aumento de até 3,0°C das temperaturas até o final do século XXI. Portanto, o SAF de café com seringueira pode contribuir para adaptação ao cultivo do café arábica em um futuro ambiente mais aquecido.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas; Café arábica; Atenuação de Temperatura

ADAPTATION TO GLOBAL WARMING WITH AGROFORESTRY SYSTEM OF COFFEE BREAKS AND RUBBER TREES

ABSTRACT

Measures to adapt to climate change are alternatives to coexist with a future scenario of higher temperatures. In the case of Arabica coffee breaks, agroforestry systems (AF) with wooden species are a promising practice to reduce excess heat during the day. The objectives of this study were: 1) to evaluate the thermal changes that occur in coffee break plantations in AF with double rows of rubber trees; 2) to perform an analysis of future warming scenarios for coffee break in open-grown and in AF with double rows of rubber trees. The microclimatic changes were measured in an adult coffee break plantation in Londrina, PR, Brazil, in AF with double rows of rubber trees spaced 16 m in comparison with open-grown cultivation, at a height of 1.00 m between two rows of coffee break trees, from June 2016 to June 2018. A mean air temperature attenuation of 2.5 °C was found at the midpoint between two double rows and 3.5 °C below the rubber canopies. Simulations showed that the attenuation of 2 °C, in AF, allows the cultivation in the current areas of Paraná state with an increase of mean air temperatures up to 3.0 °C until the end of the 21st century. Therefore, the AF of coffee break with rubber trees can contribute to adaptation to the cultivation of Arabica coffee break in a future warmer environment.

KEY-WORDS: Climate change; Arabica coffee break; Temperature Attenuation

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais são uma realidade e poderão causar grandes impactos nas áreas agrícolas de todo o planeta (IPCC; 2014). Com a perspectiva do aquecimento global, as temperaturas diurnas deverão se tornar limitantes ao cultivo de *C. arabica* em muitas regiões tradicionais. De acordo com os cenários apresentados pelo IPCC (2014), são previstos aquecimentos entre 1,7 e 4,8 °C até o final do século atual. Os sistemas agroflorestais podem contribuir para amenizar as temperaturas elevadas em regiões e épocas mais quentes do ano (MATSUMOTO, 2004).

O plantio de espécies arbóreas, como a seringueira, em SAFs com os cafeeiros tem gerado resultados promissores. Em particular, a seringueira se destaca pela possibilidade de gerar renda adicional ao produtor e pela baixa competição com os cafeeiros, devido a suas características de ampla adaptação, rusticidade e de copa ereta e sistema radicular profundo, que não compete muito com os cafeeiros na faixa superficial do solo (PEREIRA, 1992).

Conhecendo-se os riscos regionais e as necessidades de cada espécie vegetal, é possível delimitar as áreas de baixo risco e as melhores épocas de plantio durante o ano (ROSSETTI, 2001). Como o zoneamento atual se baseia em séries históricas passadas, é importante verificar os cenários futuros do clima e seus impactos sobre o zoneamento atual da cultura do café. Os resultados podem subsidiar tomadas de decisões e adoção de novas práticas de cultivo visando manter o potencial produtivo e a qualidade do café nas regiões tradicionais.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste trabalho realizaram-se análises de alterações microclimáticas devido à introdução da seringueira consorciada com cafeeiros, e o zoneamento de risco climático da cultura a pleno sol e consorciada, contemplando cenários previstos pelo IPCC, na região tradicional de cultivo do Estado do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de café a pleno sol e consorciado com seringueira, com 16 anos de idade, na fazenda experimental do IAPAR em Londrina, PR (altitude 585 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W).

Foram instaladas três estações meteorológicas automáticas, sendo uma sob as linhas das filas duplas de seringueira (sombreado), outra na distância média entre as filas duplas espaçadas de 16 m (SAF) e outra na entrelinha dos cafeeiros a pleno sol. As medições no ambiente sombreado e a pleno sol serviram como referência para verificar as alterações no sistema consorciado, que vem sendo preconizado para o cultivo. Medições contínuas de temperatura do ar a 1,0 m de altura foram feitas com termopares nas entrelinhas dos cafeeiros. O período de coleta de dados foi de junho de 2016 a junho de 2018.

Foram utilizados os cenários de aquecimento do IPCC para simular os impactos do aumento das temperaturas até o final do século XXI, utilizando o simulador PGECLIMA_R (DAS VIRGENS FILHO, 2011), para o cultivo a pleno sol e em sistema agroflorestal com seringueiras. Com base nas temperaturas simuladas realizou-se o zoneamento para cultivo a pleno sol e em SAF até o final do século XXI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas do ar entre 10 e 16 horas foram sensivelmente atenuadas pela presença das seringueiras consorciadas com os cafeeiros, com diferenças significativas comparadas ao cultivo a pleno sol. Durante a noite as seringueiras interceptam parte das emissões da superfície, de tal forma que as diferenças são menos pronunciadas. Este fato se reflete na média das 24 horas.

Tabela 1: Temperatura média do ar das 10 – 16 h (Dia), 22 – 06 h (Noite) e média diária (24 h) a 1,0 m de altura, nas estações do ano. Cafeeiros a pleno sol (1), ponto médio entre duas filas duplas espaçadas de 16 metros (2) e sob as copas de seringueiras entre duas linhas das filas duplas (3).

Estações do Ano	Dia	Noite	24 horas
Verão			
1	26,03	23,28	25,05
2	23,74*	22,78*	23,25*
3	21,88*	21,97*	21,63*
Outono			
1	25,85	19,45	21,78
2	23,06*	19,30	20,88*
3	20,72*	19,81	20,13*
Inverno			
1	18,84	15,10	16,62
2	16,26*	15,10	15,64*
3	16,44*	15,85*	16,07*
Primavera			
1	23,88	20,40	21,80
2	21,69*	19,88*	20,68*
3	19,12*	19,07*	18,99*
Diferença 1-2	2,5	0,3	1,2
Diferença 1-3	3,5	0,4	2,1
*Diferença significativa em relação ao cultivo a pleno sol pelo teste de t pareado ao nível de 5% de significância.			

O zoneamento do café considerando os cenários de aumento de 1,7 °C, 2,6 °C, 3,1 °C e 4,8 °C (IPCC, 2014) no cultivo a pleno sol, e esses valores com atenuação de 1 ou 2°C pelo SAF com seringueira (Figuras 1 e 2) mostrou que poderá haver reduções significativas nas áreas tradicionais de cultivo a pleno sol devido ao aquecimento. Com atenuação de 1°C pelo SAF ocorre redução de 20% da área atual com aquecimento de 2,6°C, 36% com aquecimento de 3,1°C e 80% com 4,8°C. Já com atenuação de 2°C é possível manter as áreas atuais de cultivo com até 3°C de aquecimento.

Figura 1: Porcentagem da área que permanece em cultivo a pleno sol e em sistema agroflorestal com atenuação de 1 °C, considerando os cenários de aquecimento de 1,7 °C, 2,6 °C, 3,1 °C e 4,8 °C, nos períodos de 2018 – 2058 e 2059 – 2099.

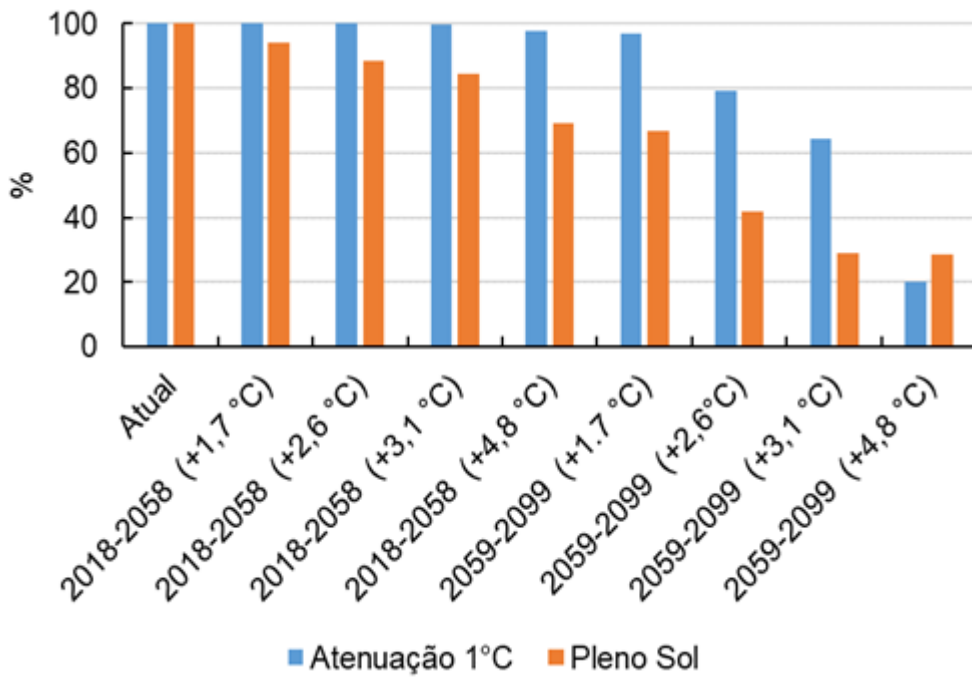
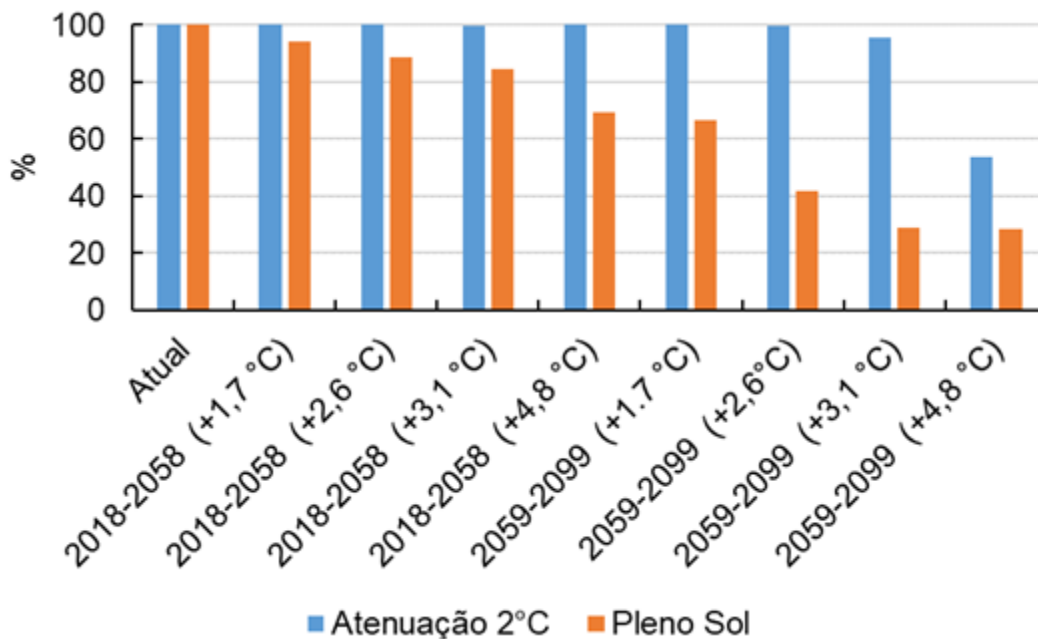


Figura 2: Porcentagem da área que permanece em cultivo a pleno sol e em sistema agroflorestal com atenuação de 2 °C, considerando os cenários de aquecimento de 1,7 °C, 2,6 °C, 3,1 °C e 4,8 °C, nos períodos de 2018 – 2058 e 2059 – 2099.



CONCLUSÃO / CONCLUSION

O SAF de café com seringueiras em filas duplas espaçadas de 16 m pode contribuir para a redução das temperaturas diurnas elevadas em valores compatíveis com os cenários de aquecimento previstos pelo IPCC até o final do século XXI. Esse diferencial tem o potencial de reduzir os impactos negativos na cafeicultura do Norte do Estado do Paraná e contribuir para adaptar o cultivo nas próximas décadas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecemos o apoio financeiro da CAPES e do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, e ao professor Jorim Das Virgens Filho por disponibilizar o Gerador PGECLIMA_R.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

DAS VIRGENS FILHO, J. S. PGECLIMA_R: Gerador estocástico para simulação de cenários climáticos brasileiros. I. Desenvolvimento do gerenciador do banco de dados climáticos PGECLIMA_R e gerador estocástico para simulação de cenários climáticos brasileiros. II. **Automação da análise estatística e validação dos dados simulados**. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Guarapari, ES, Julho/2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) –. **Synthesis Report. Summary for Policymakers 2014**. Disponível em:< http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

MATSUMOTO, S. N. (Org.) 2004. **Arborização de Cafezais no Brasil**. UESB. Vitória da Conquista, Bahia. 212 p.

PEREIRA, J. P. **Seringueira, formação de mudas, manejo e perspectivas no Noroeste do Paraná**. Londrina, IAPAR, 1992. 60p. (IAPAR. Circular, 70).

ROSSETTI, L. A.; Zoneamento agrícola em aplicação de crédito e securidade rural no Brasil: Aspectos atuariais e políticas agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n. 3, p.386-399, 2001.

21 ANOS DE FOCOS DE CALOR NO BIOMA MATA ATLÂNTICA NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

Helvecio de Oliveira Filho¹; José Francisco de Oliveira Júnior²; Givanildo de Gois³; Dimas de Barros Santiago⁴; Welington Kiffer de Freitas³

Autor para correspondência: helvecio.oliveirafilho@gmail.com

¹Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil; ²Universidade Federal de Alagoas, Campus A.C. Simões, Maceió, AL, Brasil; ³Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, Brasil.; ⁴Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil.

RESUMO

A Mata Atlântica é o principal bioma da região Sudeste. Do bioma original restam apenas 8,5% de fragmentos florestais conservados. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar as ocorrências de focos de calor na Mata Atlântica na Região Sudeste do Brasil nos últimos de 21 anos. A série temporal consiste de 1998 a 2018, sendo obtida gratuitamente do BDQueimadas. A série temporal foi submetida à análise estatística descritiva e exploratória. Os resultados obtidos mostram que um total de 310.455 focos de calor ocorreu na Mata Atlântica. A estatística descritiva mostrou que os maiores registros anuais foram nos anos de 2003 (27.112 focos), 2007 (29.116 focos) e 2010 (22.492 focos). O quadrimestre correspondente a julho (9,67%), agosto (18,37%), setembro (29,36%) e outubro (22,09%) registrou os maiores totais de focos de calor na Mata Atlântica. Na escala mensal (*boxplot*) houve um aumento significativo no quadrimestre. Na escala anual, os ciclos de 2002/2003, 2006/2007 e 2010/2011 e anos 2010 e 2014 se destacaram na série temporal. Vale ressaltar que ambas as escalas (mensal e anual) apresentaram *outliers*. Os resultados obtidos deste estudo demonstram que o acesso a uma base gratuita de dados permite a prevenção de danos causados pelas queimadas e incêndios no que resta da Mata Atlântica.

PALAVRAS-CHAVE: Incêndios Florestais; Queimadas; Biodiversidade

21 YEARS OF FIRE FOCI AT THE ATLANTIC FOREST BIOME IN THE SOUTHEAST REGION OF BRAZIL

ABSTRACT

ABSTRACT

The Atlantic Forest is the main biome of the Southeast region. Of the original biome, only 8.5% of conserved forest fragments remain. Therefore, the objective of this study is to evaluate the occurrence of fire foci in the Atlantic Forest in the Southeastern Region of Brazil in the last 21 years. The time series consists of 1998 to 2018, being obtained free of charge from the BDQueimadas. The time series was submitted to descriptive and exploratory statistical analysis. The results obtained show that a total of 310,455 fire foci occurred in the Atlantic Forest. The descriptive statistics showed that the highest annual records were in 2003 (27,112 fire foci), 2007 (29,116 fire foci) and 2010 (22,492 fire foci). The fourth quarter corresponding to July (9.67%), August (18.37%), September (29.36%) and October (22.09%) recorded the highest total of fire foci in the Atlantic Forest. On the monthly scale (*boxplot*) there was a significant increase in fourth quarter. At the annual scale, the cycles of 2002/2003, 2006/2007 and 2010/2011 and years 2010 and 2014 stood out in the time series. It is noteworthy that both scales (monthly and annual) they presented outliers. The results obtained from this study demonstrate that access to a free data base allows the prevention of damage caused by burning and wildfires in what remains of the Atlantic Forest.

KEY-WORDS: Wildfires; Burning; Biodiversity

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é o principal bioma da região Sudeste, mas tem a Mata de Araucária no Sul de São Paulo e nas regiões serranas, além da Caatinga no norte de Minas Gerais. A Mata Atlântica é constituída por florestas, restingas, manguezais e campos de altitude que estão inseridos em 17 estados do Brasil e fazem da Mata Atlântica um patrimônio nacional, como estabelece a Constituição Federal de 1988. Com uma área de aproximadamente 1,300.000 km², o bioma tem uma importância vital para os aproximadamente 120 milhões de brasileiros que vivem em seus domínios; onde são gerados cerca de 70% do PIB brasileiro (ICMBIO, 2019).

Atualmente restam na Mata Atlântica apenas 8,5% de fragmentos florestais conservados (RIBEIRO et al., 2009). É um dos “hotspots” mundiais, ou seja, uma das áreas mais ricas em biodiversidade e também mais ameaçadas do planeta. Constitui um significativo sumidouro de carbono para o clima global, e estima-se que está entre as áreas que mais sofrerão com as mudanças climáticas. Para reduzir esse impacto foi criado o projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica, que tem como objetivo contribuir para a conservação da biodiversidade e a restauração ecológica, com ênfase em mosaicos de Unidades de Conservação (UCs) selecionados (FUNBIO, 2015).

A prevenção é considerada a função mais importante e eficaz no combate aos incêndios florestais, e para ser efetiva precisa ser planejada, praticada e atualizada constantemente. Essas ações possibilitam minimizar ou até mesmo impedir a ocorrência de incêndios causados pelo homem que em suas práticas do dia a dia desrespeitam princípios básicos de preservação ambiental (CEDEC, 2014).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar as ocorrências de focos de calor no bioma Mata Atlântica na Região Sudeste nos últimos de 21 anos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Região Sudeste, correspondente a 10,86% do território brasileiro, estende-se em uma área de 924.512km², sendo formada por Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo (Figura 1). O clima dessa região é bastante diversificado no que diz respeito à temperatura, em função de três fatores principais: a posição latitudinal, a topografia acidentada e a influência dos sistemas de circulação perturbada.

A vegetação da Região Sudeste é composta apenas pelo Bioma Mata Atlântica, presente em 17 estados brasileiros e que abarca mais de 70% da população nacional sob seus domínios (VISCONTI e SANTOS, 2015).

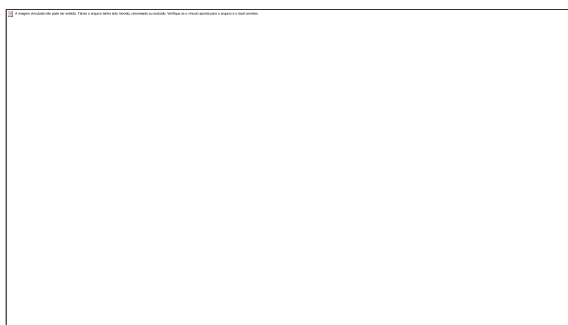


Figura 1: Localização da área de estudo, região Sudeste com os seus respectivos estados.

Os dados de focos de calor do bioma Mata Atlântica utilizados neste estudo foram obtidos a partir da base de dados gratuita do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e INPE, disponível no BDQueimadas - (<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas>) – (CPTEC/INPE, 2019). Foi analisada uma série temporal de focos de calor de 21 anos, com início em janeiro de 1998 e término em dezembro de 2018, que não sofreu separação por categoria de satélite ambiental ou sensor orbital, seguido de nenhum tratamento para distinção de queimadas e incêndios florestais em relação aos focos que são obtidos, por exemplo, de granitos, espelhos d'água, construções ou parques industriais (CAÚLA et al., 2015; CAÚLA et al., 2016). Foram considerados todos os focos de calor disponibilizados no site do BDQueimadas para a análise dos dados. Os dados foram organizados em planilha Excel e divididos em dois blocos. O primeiro, composto pelo total de focos de calor para cada mês e ano de toda região Sudeste, sendo submetido à análise estatística descritiva (média e frequência (%)) e exploratória via *boxplot* – (média, mediana, amplitude interquartilica, mínimo, máximo e valores discrepantes - *outliers*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento do Bioma Mata Atlântica do Sudeste do Brasil registrou um total de 310.455 focos de calor e a média de 14.783 focos ocorridos no período de estudos da serie temporal. A estatística descritiva demonstrou que os maiores registros anuais de focos de calor foram nos anos de 2003 (27.112 focos), 2007 (29.116 focos) e 2010 (22.492 focos) – (Figura 2a), os demais anos da série temporal foram inferiores a 6%, respectivamente. Vale ressaltar que os anos em destaque totalizaram 78.720 focos de calor, correspondente a 25,36% da série temporal. No início da série temporal foram verificadas as menores taxas de focos de calor, juntamente com final da série temporal em todo período de estudo, conforme observado por Caúla et al. (2015) em relação aos focos de calor no Brasil. No início da série temporal eram apenas 4 satélites ambientais (NOAA-12 –satélite de referência, ATSR, TERRA M-M e TERRA M-T) e o sensor era o AVHRR - (CPTEC/INPE, 2019), enquanto que no final da série temporal houve a mudança dos sensores orbitais (MODIS) e dos satélites de referências (AQUA MT e NPP 375). Os meses com os maiores registros de focos de calor na Mata Atlântica foram julho (9,67%, 30.037 focos), agosto (18,37%, 57.031 focos), setembro (29,36%, 91.156 focos) e outubro (22,09%, 68.594 focos) – (Figura 2b).

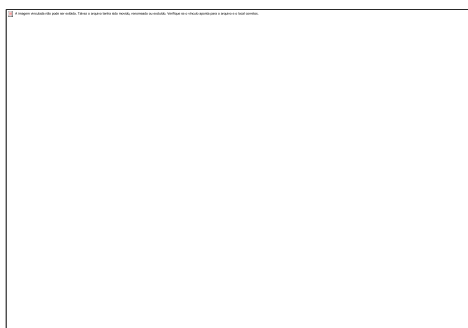


Figura 2: Total e Média (a) e distribuição mensal dos focos de calor no bioma Mata Atlântica (b) no período de 1998 a 2018.

Com relação aos focos de calor na escala mensal há aumento significativo, principalmente no quadrimestre mostrado anteriormente (Figura 3a). O quadrimestre corresponde ao período de transição entre as estações do ano no Sudeste, seguido da atuação da massa de ar continental (seco) e atuação de sistemas

meteorológicos que provocam estiagem prolongada, por exemplo, Bloqueios Atmosféricos (BA). Na escala anual, os anos com os maiores totais de focos de calor foram os ciclos de 2002/2003, 2006/2007, 2010/2011, 2010 e 2014. A variabilidade interanual observada com o *boxplot* (Figura 3a) revelou aumento a partir de 2001. Na análise da série temporal de focos de calor verifica-se a ocorrência de uma escala bianual dos focos de calor no Sudeste, resultado similar obtido por Clemente et al. (2017) para Rio de Janeiro. Em ambas as escalas (mensal e anual) ocorreram *outliers*. Esses valores discrepantes se devem às variações climáticas interanuais, ações antrópicas e às mudanças na detecção dos focos por meio dos satélites

ambientais de forma conjunta.



Figura 3: *Boxplots* dos focos de calor nas escalas mensal (a) e anual (b) do bioma Mata Atlântica no Sudeste do Brasil no período de 1998-2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com base nas análises estatísticas é possível mostrar que o quadrimestre julho, agosto, setembro e outubro é mais susceptível à ocorrência de focos de calor nos remanescentes do bioma Mata Atlântica, na Região Sudeste. Os anos com os maiores números de registros de focos de calor coincidem com aumento do clima seco e mudanças nos padrões de chuva, altas temperatura e baixa umidade do ar, não se descarta a mudança dos sensores orbitais, aumento da quantidade de satélites ambientais e ações antrópicas, principalmente uso e ocupação da terra. Os resultados obtidos demonstram que através do acesso a uma base gratuita de dados e análises relativamente simples, é possível obter informações objetivas para a prevenção de danos causados pelas queimadas e incêndios na Mata Atlântica, já que os incêndios promovem danos não só ao bioma, mas também socioeconômicos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a UFF, UFAL, UFCG e CPTEC/INPE pelos dados de focos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Caúla, R. H.; Oliveira-Júnior, J. F.; Gois, G.; Delgado, R. C.; Pimentel, L. C. G.; Teodoro, P. E. Nonparametric statistics applied to fire foci obtained by meteorological satellites and their relationship to the MCD12Q1 product in the state of Rio de Janeiro, Southeast - Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 3, p. 1056-1067, 2016.

Caúla, R. H.; Oliveira-Júnior, J. F.; Lyra, G. B.; Delgado, R. C.; Heilbron Filho, P.F.L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Sciences (Print)**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/INPE). **Banco de Dados de Queimadas - BDQueimadas**. Cachoeira Paulista. Disponível em: <www.cptec.inpe/bdqueimadas> Acesso em: 01 Maio 2019.

Clemente, S. S.; Oliveira Júnior, J. F.; Louzada, M. A. P. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 669-677, 2017.

VISCONTI, G. R.; SANTOS, M. C. **Região Sudeste: recuperando para desenvolver**. Disponível em:

<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13074/3/Regi%C3%A3o%20Sudeste%20-%20recuperando%20para%20desenvolver_7_P_BD.pdf> Acesso em 30 de Abril em 2019.

CEDEC – Centro de Estudos de Cultura Contemporânea. Disponível em: <<http://www.cedec.org.br/composicao-cedec>> Acesso em 30 de Abril de 2019.

FUNBIO - Fundo Brasileiro para a Biodiversidade. Disponível em: <<https://www.funbio.org.br/>> Acesso em 30 de Abril de 2019.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica>> Acesso em 30 de Abril de 2019.

Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM (2009) The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 1, p.144-1.156.

COMPOSTAR REJEITOS E TRANSFORMÁ-LOS EM ADUBOS ORGÂNICOS PARA HORTICULTURA EXPERIMENTAL ECOLÓGICA

Andrea Carla Gomes de Farias¹; Leonoura Katarina Santos¹; Claudio José Bertazzo¹
Autor para correspondência: gumblen@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás/ Regional Catalão

RESUMO

Relata-se o experimento de implantação, manejo e utilização de duas composteiras localizadas no, Campus I da Regional Catalão/UFG, sob o protagonismo do NEPEA-Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Agroecologia. O experimento teve dupla finalidade: a primeira, de ordem didática; pois serve para demonstrar, na metodologia aprender a fazer, de modo que o produto possa ser utilizado em cultivos domésticos e/ou públicos. A segunda é resultante da responsabilidade socioambiental com a geração de resíduos. É notório que a compostagem coopera com a reciclagem dos compostos orgânicos permitindo a transformação dos rejeitos orgânicos em fertilizantes naturais. Observa-se que a compostagem se constitui na mais econômica alternativa para o tratamento do material orgânico, seja de cozinhas domésticas ou industriais. As massas de resíduos que se introduziram na composteiras foram geradas no próprio Campus: a maior parte vem rejeitos orgânicos crus coletados seletivamente no Restaurante Universitário. Para o processo de compostagem, se utilizou uma composteira, com capacidade para 250 L, mantida em uma área fechada, e outra em uma área aberta, com capacidade de 2 m³. O composto gerado foi utilizado em experimentos de produção de hortaliças.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem; Fertilizante Orgânico; Reciclagens

COMPOSING REJECTS AND TRANSFORMING THEM IN ORGANIC FERTILIZERS FOR ECOLOGICAL EXPERIMENTAL HORTICULTURE

ABSTRACT

The experiment of implantation, management and use of two composters located in Campus I of the Regional Catalão / UFG, under the leadership of NEPEA-Nucleus of Studies, Research and Extension in Agroecology, is reported. The experiment had a dual purpose: the first, of didactic order; because it serves to demonstrate, in the methodology learn to do, so that the product can be used in domestic and / or public crops. The second is the result of socio-environmental responsibility with the generation of waste. It is notorious that composting cooperates with the recycling of organic compounds allowing the conversion of organic waste into natural fertilizers. It is observed that composting is the most economical alternative for the treatment of organic material, whether in domestic or industrial kitchens. The masses of residues that were introduced in the composites were generated in the Campus itself: the majority comes raw organic waste collected selectively in the University Restaurant. For the composting process, a 250 L compost was used, kept in a closed area, and another in an open area, with a capacity of 2 m³. The compound generated was used in experiments of vegetable production.

KEY-WORDS: Composting; Organic Fertilizer; Recycling

INTRODUÇÃO

A compostagem é uma prática utilizada desde a antiguidade oriental, versando-se no aproveitamento dos resíduos orgânicos como fonte de matéria orgânica para o solo. Ela interfere diretamente na saúde e fertilidade do solo onde é agregada. O biocomposto é um produto natural sem quaisquer tipos de agroquímico. Ele aumenta consideravelmente a quantidade de nutrientes, minerais e húmus no solo, como também, a vida microbiana, adicionando a estes um rico caráter qualitativo.

Essa prática se acentua cada vez mais, como maneira de promover a adubação orgânica e ecológica por meio conhecimentos e ensinamentos da Agroecologia para modalidades de agriculturas ecológicas. Isto porque, ao passo que cresce o consumismo humano e concomitantemente a produção de resíduos, juntamente com a exorbitante quantidade de defensivos agrícolas encontrados nos alimentos, a saúde humana e do meio ambiente se tornam constantemente ameaçadas. Neste sentido a geração de insumos para a agricultura orgânica é uma garantia para produzir alimentos seguros, nutritivos e sem agrotóxicos.

Primordialmente o incentivo das ações pautadas nas ações Agroecológicas, neste caso a compostagem remetem-se a diminuição do uso de fertilizantes sintéticos e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos ricos em carbono e nitrogênio e minerais, pois, o Brasil assume o lugar de 4º maior produtor de resíduos em escala global. Com consequência de um descarte incorreto e incipiente de material orgânico, que acarreta em proporção demasiada impactos ambientais e econômicos em todo território, interferindo diretamente não só na qualidade de vida humana, mas também para a fauna, flora, solo e água.

Nessa perspectiva, com a justificativa de direcionar o descarte correto e ecológico de resíduos orgânicos, constitui-se protagonizada pelo NEPEA-Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Agroecologia, na Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão, a elaboração de duas composteiras no espaço universitário, como meio de diminuir consideravelmente os resíduos de campus, ao mesmo tempo que se produz o adubo ecologicamente orgânico.

Estas composteiras foram (e são) alimentadas com os resíduos coletados seletivamente no Restaurante Universitário do Campus. E para fazer um mix que promova diversidade de componentes, coleta-se na comunidade: esterco de bovinos, capim, palhas e serragem. Tal iniciativa almeja ser conhecida e multiplicada, não apenas nas instâncias da UFG/RC, mas ser estendida para as escolas e comunidade geral, apontando os meios da prática orgânica como caminho para uma vida saudável e em perspectivas de sustentabilidade.

COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

O consumo intenso de produtos é o maior causador da poluição ambiental, a falta de conscientização e de reaproveitamento dos materiais depositados na natureza, se torna a cada dia um expoente ativo para dizimação das espécies ao longo do espaço terrestre. De acordo com relatório Brasil (2013), em nosso país se produz cerca de 387 quilos de resíduos por habitante ao ano, pouco mais de 1kg/dia por pessoa, sendo ao total de 79,9 milhões de toneladas de resíduos domiciliares. Geralmente, o lixo produzido nos municípios brasileiros é depositado, na maioria das vezes, em lixões a céu aberto, e em menor quantidade em aterros sanitários. Causando com o descarte inúmeros efeitos a saúde e meio ambiente, como refletem Mucelin e Bellini (2009):

O consumo cotidiano de produtos industrializados é responsável pela contínua produção de lixo. A produção de lixo nas cidades é de tal intensidade que não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática gerada pelos resíduos sólidos, desde a etapa da geração até a disposição final [...] Entre os impactos ambientais negativos que podem ser originados a partir do lixo urbano produzido estão os efeitos decorrentes da prática de disposição inadequada de resíduos sólidos em fundos de vale, às margens de ruas ou cursos d'água. Essas práticas habituais podem provocar, entre outras coisas, contaminação de corpos d'água, assoreamento, enchentes, proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como cães, gatos, ratos, baratas, moscas, vermes, entre outros. Some-se a isso a poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente. (MUCELIN E BELLINI, 2009, p.111)

Dessa forma, faz-se necessário uma conscientização a quanto a geração de resíduos e seus processamentos/descartes adequados, haja vista, que a cada dia se têm um aumento significativo no ritmo em que se está consumindo produtos e conseqüentemente mais produção de descartes, portanto é de grande importância buscar novas formas de lidar com os descartes, como a reciclagem. Seja ela de materiais orgânicos ou de outra natureza.

A importância da reciclagem está ligada ao desenvolvimento sustentável, que engloba, não só o meio ambiente, mas também aspectos sociais e econômicos. Isso porque, quando descartamos os produtos de forma adequada, agregamos valor ao processo e ao material, já que melhoramos os índices de reaproveitamento, barateamos o custo de produção e estimulamos o crescimento da reciclagem. Na prática, se instaura o conceito de compreender os descartes/resíduos como matéria prima de outros produtos e seus processos.

Neste sentido, uma opção de suma importância no tocante ao reaproveitamento resíduos, e em especial aos descartes orgânicos doméstico oriundos da preparação dos alimentos, é a compostagem, pois através dela pode-se transformar a matéria orgânica descartada em adubo natural. Ferreira et al. (2013, p.308) confirmam que a “compostagem produz o adubo que é essencial para o solo na melhoria de sua estrutura e fertilidade, além de proporcionar às culturas um vigor extraordinário com aumento na sua produtividade. Isto pode ser verificado na satisfação do produtor rural que realiza tal tarefa”.

Portanto, aqui se está a ressaltar a importância, a necessidade e a utilidade desse adubo natural, isento de substâncias químico-sintéticas, que pode ser utilizado desde a agricultura em pequenos espaços ao cultivo do jardim doméstico, dando um caráter qualitativa as culturas. Neste mesmo propósito, fazem-se imprescindíveis intervenções, que sensibilizem a conscientização dos sujeitos sobre manejo de resíduos reaproveitáveis e que permitam fazer um reflexionamento acerca do modelo de produção agrícola adotado no Brasil e suas conseqüências na saúde humana e ambiental, como propõe Bertazzo (2016, p.11): “ensinar Agroecologia ou Educação Socioambiental, mas do que exercer uma militância, possibilita criar competências para um quefazer agrícola em bases conservacionistas que aponta para o bem viver”. Dito isso recorrer as práticas agroecológicas como a compostagem são de suma importância para um meio sustentável e saudável.

O que é a compostagem?

Dentre os resíduos coletados no Brasil, mais de 50% em peso úmido, é composto de matéria orgânica facilmente putrescível, ideal para ser usado para a compostagem, diminuindo em 70% o lixo residencial, havendo um reaproveitamento para ser utilizado em uma horta, beneficiando assim a saúde de todas as pessoas.

Mas afinal o que é a compostagem? Compostagem é o processo de decomposição ou degradação de materiais orgânicos pela ação de microrganismos em um meio aerado naturalmente, que tem como resultado um adubo naturalmente orgânico extremamente rico. De acordo com Pereira (1987 apud Dias e Vaz, 1996) ela é definida de seguinte forma:

A compostagem pode ser definida como um processo aeróbico controlado desenvolvido por uma população mista de microrganismos, efetuando duas fases distintas: a primeira a fase ativa, quando ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais predominantemente termofílicas, a segunda ou fase maturação, quando ocorre o processo de umificação; o húmus resultante deste processo é considerado excelente para condicionador do solo. (PEREIRA 1987 apud DIAS & VAZ, 1996, p. 234)

Lira et al. complementam a discussão afirmando:

A compostagem é um processo de valorização da matéria orgânica que consiste no reaproveitamento dos resíduos orgânicos, a partir da atividade de microrganismos que, na presença de oxigênio (processo aeróbio), originando uma substância designada composto ou adubo orgânico, podendo melhorar substancialmente a estrutura do solo [...] a compostagem não necessita de muitos conhecimentos técnicos, pois é

metodologicamente simples. É economicamente e ecologicamente sustentável, uma vez que implica na redução dos resíduos domésticos, através do seu aproveitamento e transformação em um composto fertilizante que pode ser utilizado como nutriente na horta orgânica. (RODRIGUES; CAMÂRA apud. LIRA et al. 2017, p. 1)

Isto posto, compreende-se que é a partir desses processos ocorridos durante a compostagem, é que se pode obter uma melhoria na composição física do solo, tornando-o abundante de matéria orgânica/nutrientes, que auxiliam no desenvolvimento das plantas. Desse modo, o solo passa também a reter mais umidade atuando com a função de uma esponja. Lira et al (2013, p. 308) acrescentam que “o subproduto da compostagem ao ser adicionado enriquece os solos pobres, funcionando como inoculante acumulando os macro e microrganismos (fungos, actinomicetes, bactérias, minhocas e protozoários)”. Proporcionando uma melhor estrutura e fertilidade, como também, propicia que as plantas aumentem a capacidade absorção dos macro (N, P, K, Ca e Mg) e micro (Bo, Cl, Cu e Co) nutrientes, facilitando a aeração do solo e retenção de água e reduzindo a erosão ocasionada pelas chuvas (LIRA et al, 2013).

Ratifica-se, entretanto, que a compostagem não é algo recente, é uma prática milenar associada as antigas civilizações, que não dispunham de práticas nocivas ao solo, como as contemporâneas, esses povos passaram a observar o solo não mais como um corpo estático e sim algo dinâmico e vivo que com o tempo recebia os subprodutos orgânicos e se enriquecia com eles, fazendo prosperar os cultivos, como aponta Fernandes & Silva (1999 Apud SCHALCH et al, 2016):

A compostagem é praticada desde a História Antiga, quando gregos, romanos e povos orientais já haviam percebido que os resíduos orgânicos poderiam ser retornados ao solo, contribuindo para a sua fertilidade. O ato de compostar era desenvolvido de forma empírica até o ano de 1.920, quando o processo passou a ser pesquisado cientificamente por Albert Howard e, a partir daí, realizado de forma racional. (FERNANDES; SILVA, 1999 Apud SCHALCH, 2016, p.634)

Porém, embora seja uma técnica antiga, não é uma prática comum entre as populações, principalmente no Brasil que é o quinto país mais populoso do mundo e com isso produz um grande excedente de resíduos orgânicos, bem como, na mesma proporção uma enorme degradação ambiental, pois diariamente o material orgânico é depositado em aterros e em lugares impróprios, misturando-se a vários tipos de produtos. Isso ocorre por vários fatores, como por exemplo, a falta de conscientização e educação ambiental, e a falta de coleta de lixo seletiva e eficiente, pois como é sabido, muitas cidades brasileiras não dispõem desse tipo de coleta. Em contrapartida a isso, os depósitos tecnogênicos se tornam cada dia mais tóxicos a saúde humana, principalmente no tocante ao material orgânico que quando submetidos a esses depósitos, devido a sua alta carga de matéria orgânica geram gases como o Metano. E, lamentavelmente, perde-se uma grande e importante massa de matéria prima para a produção de biocompostos utilizáveis na agricultura e jardinagem urbana.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho tem sido estudar a viabilidade da compostagem doméstica a partir dos resíduos coletados no Restaurante Universitário, aplicando seus subprodutos em culturas locais, como a horta do campus e a fazenda da UFG/RC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Partindo da ideia de ressignificar o conceito dos resíduos orgânicos gerados na preparação da alimentação dentro do ambiente universitário, foram utilizadas sobras de frutas, legumes, verduras, que são descartadas do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão (Foto 01). Também se utilizou grandes quantidades de folhas secas liberadas/caídas das árvores do campus (Foto 02). No propósito de dar um destino correto para os resíduos, diminuindo assim, o excedente de material orgânico descartado e recolhidos com os demais resíduos da coleta pública, é que se começou a compostar no campus I da UFG/RC. Ao *mix* que se tinha no campus I, adicionou-se esterco de gado e galinha criadas livres em quintais, para facilitar as ações das espécies decompositoras e assim complementar com mais nutrientes o

adubo natural. Com todas essas matérias primas foram iniciadas 2 composteiras, a princípio em distintos ambientes um aberto e outro fechado.

Foto 01- Recolhimento dos resíduos orgânicos do R.U



Fonte: Santos, L.K. Junho de 2019.

Foto 02 – Folhas recolhidas na UFG/RC



Fonte: Faria, A.C.G. de Outubro de 2018.

O Projeto das composteiras iniciou-se em junho de 2018, criado para fomentar as ações didático-agroecológicas, sustentáveis e a educação ambiental promovidas pelo NEPEA, dentro e fora do espaço acadêmico, tendo como principal pressuposto o cultivo de culturas orgânicas por meio de adubo de qualidade, natural sem nenhum em tipo de aditivo químico. Semeando o conhecimento sobre as especificidades da Agroecologia as quais a cada dia prova sua importância no contexto sobre os impactos nos recursos naturais, visando melhorar a preservação do meio ambiente em conjunto com os seres que habitam o espaço. Assim, o projeto busca também ensinar/estimular e aprender a fazer iniciativas de reciclagem em um ambiente onde se produz conhecimento, trazendo a comunidade acadêmica para a discussão da consciência ambiental, e para a construção da horta universitária, utilizando o biocomposto gerado pela composteira.

Durante o 1º mês, para elaboração dos compostos orgânicos se recolhia cerca de 04 a 06 kg de resíduos orgânicos por dia, que seriam descartados em locais destinados aos resíduos comuns. Aumentando-se o intervalo de dias para alimentação das composteiras conforme formava-se o adubo. Nos meses subsequentes até o presente momento esses intervalos variam entre 5 a 7 dias devido o preenchimento das composteiras, havendo dias em que os depósitos de resíduos recolhidos chegam a 10 quilos, dependendo da variedade de saladas e frutas que era-se servido no R.U. somado a esta quantidade de alimentos se adiciona cerca de 15 quilos de esterco a cada manutenção das composteiras essas quantidades são devidamente distribuídas entre elas.

A composteira “A” (conforme Foto 03) foi idealizada e construída NEPEA no ano de 2012, e foi reativa no início do projeto em junho de 2018, não estava sendo utilizada e continha inúmeros resíduos como copos descartáveis, e plásticos. Ao ser feita a limpeza devida foi reativada e alimentada. Ela possui 1,6 metros cúbicos e fica localizada feita na terra, próximo a quadra do curso de Educação Física em uma área aberta. Esta composteira ainda abarca uma quantidade significativas de minhocas, que são fundamentais para a desagregação da matéria orgânica e obtenção do húmus.

Foto 03- Composteira “ A”, em área aberta



Fonte: Faria, A.C.G. de Outubro de 2018.

Já a composteira “ B” foi construída dentro de uma caixa d’água de 250 litros que se localiza na horta do Curso de Educação do Campo. O processo de montagem dela segue diferente da composteira “A”. Esta composteira até maio de 2019 produziu composto em ambiente fechado, atualmente segue em regime aberto devido a adição de minhocas para uma melhor qualidade dos húmus e para apressar a transformação da matéria orgânica em húmus de minhocas. Com a inserção das minhocas o intervalo de abastecimento da composteira foi reduzido entre 2 e 3 dias, devido aumento da decomposição dos resíduos, por ocorrer em um recipiente menor e sem contato direto com o solo diferente da composteira “A”, a um aceleração no processo de formação do composto como também na reprodução das minhocas. Este processo pode ser observado nas Fotos 04 (11 de junho) e 05 (12 e junho) que foram capturadas em um intervalo de 24 horas em junho de 2019. Diferente da composteira “A” seu composto é líquido (chorume) retirado da torneira que está na parte inferior do recipiente.

Fotos 04 e 05 – Decomposição no período de 24 horas da composteira “B”





Fonte: Faria, A.C.G. de Janeiro de 2019.

Para elaboração do adubo na composteira “A” misturou-se primeiramente as folhas, frutas, cascas, pó de café, saches de chá, cascas de ovos, talos, bagaços e o esterco, cobrindo-o com folhas secas para evitar o contato com insetos e outros animais. Na composteira “B” utilizou-se no fundo do recipiente pequenas pedras para facilitar o escoamento do chorume, seguido de folhas secas, com uma terceira camada composta pelos resíduos orgânicos citados a cima, e uma quarta camada composta por folhas secas. As composteiras na estação seca são regadas constantemente, para não haver endurecimento do composto nem proliferação de formigas. Como o adubo tem o tempo de meses para ficar pronto, o processo é repetido várias vezes durante a semana, sempre retirando a folhagem misturando os restos de orgânicos, mexendo o composto e recolocando as folhas secas.

Este processo pode ser observado nas etapas que seguem. Primordialmente retira-se todo material seco (Foto 06);

Foto 06- Composto homogêneo com camada de folhagem retirada



Fonte: Faria, A.C.G. de Janeiro de 2019.

Com o material seco retirado começa-se o processo de alimentação da composteira (conforme Fotos 07 e 08) então deposita-se os resíduos coletados no R.U juntamente com camadas de campim, esterco e serragem, misturando todo o material até que se tornem um mistura única.

Fotos 07 e 08 – Processo de alimentação e manejo da composteira “B”



Fonte: Santos, L.K. Junho de 2019.

Por fim a composteira é coberta novamente com a folha seca, seguida de uma tela de sombrite (Foto 09), isto no caso da composteira “B”, pois a “A” é recoberta apenas pela folhagem devido sua extensão e localização.

Foto 09- Finalização do manejo com cobertura de folha secas e tela sombrite



Fonte: Faria, A.C.G. de Outubro de 2018.

Na composteira “B” ao finalizar o processo de manejo abre-se a torneira para que se escoe uma pequena quantidade de chorume, pois a composteira não pode ficar nem muito seca nem muita úmida, pois o excesso de líquido causa putrefação e mal cheiro. Ambas as composteiras nunca deram problema nesta questão de cheiro, insetos, e etc. Foi utilizado usado um material diversificado que é melhor para a qualidade do composto em matéria de nutrientes. Para cada parte de material verde, foi usado três partes de material seco, como: folhas de árvores e grama seca do jardim da instituição, palhas, serragem, para que aumentar as propriedades nutritivas, e para que o carbono do composto não gerasse odor e nem atraísse insetos ou outros vetores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composteiras estão sendo mantidas apresentando resultados consideravelmente positivos mostrando-se com resultados satisfatórios e qualitativos. Um dos seus subprodutos é o adubo líquido o chorume (conforme Foto 10) resultante da composteira “B”, que se apresenta com uma qualidade excelente, sendo um composto muito concentrado, resultado do árduo e cuidadoso manejo. Está sendo utilizado em pequenas plantações dentro e fora da Universidade.

Foto 10 – Chorume produzido pela composteira “B”



Fonte: Faria, A.C.G. de Abril de 2019.

De início o adubo líquido foi doado a funcionários e professores da UFG/RC, para aplicação e manutenção de hortas domésticas e plantações. Em volume se recolhe entre 6 a 7 litros de chorume de 4 em 4 dias, que quando diluído em água chegará a um volume aproximado 35.000 ml de fertilizante orgânico. Um exemplo dessa aplicação pode ser observado na Foto 11, que apresenta a plantação de morangos da horta universitária.

Foto 11- Morangos adubados com chorume



Fonte: Faria, A.C.G. de Dezembro de 2018.

Nas culturas as quais foi aplicado os resultados foram muito promissores, os funcionários relataram que houve uma qualidade significativa com uso do composto, além da diminuição de fungos e insetos nas plantações, pois o adubo orgânico é um fungicida natural. O mesmo ocorreu com a hortaliças e leguminosas da horta onde a composteira está sendo mantida que recebe diariamente doses do produto. O adubo orgânico da composteira “B” demorou cerca de 5 meses para ficar no ponto, também se apresentando com ótima qualidade, como a composteira está em contato direto com o solo e com as raízes da árvore de Jambo que se localiza ao lado da mesma, fica perceptível seu efeito na frutífera, que se apresenta com uma diminuição considerável de fungos, e folhas e frutos mais saudáveis. Entretanto o experimento sofre com ações antrópicas pois constantemente se encontram depositados, sacolas, embalagens e recipientes plásticos. Os subprodutos resultantes das 2 composteiras serão utilizados também na Fazenda da UFG/Regional Catalão, onde o NEPEA tem desenvolvidos seus projetos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A compostagem tem uma importância singular para preservação da saúde humana e meio ambiente, visto que nossos recursos são finitos, e ser humano se torna cada vez mais consumista. Assim, diante dessa conjectura é notório pensar em uma alternativa eficiente para o reaproveitamento dos excedentes orgânicos, e como foi aqui salientado a composteira é um dos principais meios para essa problemática, pois além de oferecer um descarte correto, auxilia na produção de culturas saudáveis.

O desenvolvimento das composteiras na UFG/RC, vem contribuindo para os conhecimentos dos bolsistas envolvidos no projeto, para a comunidade universitária e a sociedade como um todo, pois todos se beneficiam, tanto no tocante a educação ambiental e sustentabilidade, quanto em relação a qualidade de vida. Facilitando o aproveitamento dos resíduos orgânicos produzidos na Universidade, que antes eram descartados de maneira indevida, reduzindo de forma considerável seu volume.

Com os subprodutos resultantes do processo de formação dos compostos orgânicos é possível realizar as ações agroecológicas com eficiência, passando de um modelo de agricultura nocivo para modelo sustentável e de qualidade sem resquícios de defensivos agrícolas nos alimentos, promulgando assim a adubação orgânica. Contribuindo para redução de pragas e proliferação de fungos e insetos pelo seu caráter natural de ação fungicida, além de propiciar e fertilidade do solo aumentando a produtividade e saúde das plantas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Se agradece o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e aos ministérios: MAPA, MCTIC, MEC e SEAD - Casa Civil.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERTAZZO, C. J. **Agroecologizando no cerrado**. 1. ed. CATALAO: NEPEA Retratando o Cerrado, 2016. v. 1. 171p.

BRASIL. **Lei Federal nº 7.802 de 11/07/1989**. Dispõe sobre os agrotóxicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm>. Acesso em: 23 de nov. 2018.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. da S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. (Org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde João Venâncio: São Paulo: Expressão Popular, 2015. 623 p. Disponível em:

<https://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf>. Acesso em: 23 de nov. 2018.

BRASIL, A. M. SANTOS, F. Equilíbrio **Ambiental e Resíduos na sociedade moderna**. São Paulo: FAARTE, 2004.

DIAS, S.M.F; VAZ, L.M.S. Métodos de Monitoramento no Processo Aeróbico de Compostagem-EEA/UEFS. **In: Sitientibus**. Feira de Santana, n° 15, 1996. Disponível em: <http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/15/metodos_de_monitoramento.pdf> Acesso: 28/09/2018.

HEES, Sonia Corina Hees; Sonia Corina. **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**.- 1° edição. São Paulo: Outras Expressões, 2018.

ERREIRA, A. G.; Wizniewsky J. G. ; BORBA, S. N. S. .A Prática da Compostagem para a Adubação Orgânica pelos Agricultores Familiares de Santa Rosa/RS. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 08, p. 295-304, 2013.

LIRA, M.S. et al. Importância do uso da compostagem na horta orgânica como prática agroecológica na agricultura familiar. **In: II Congresso Internacional de Ciências Agrária COINTER-PDVagro 2017**. Disponível em: <<https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/IMPORT%C3%82NCIA-DO-USO-DA-COMPOSTAGEM-NA-HORTA-ORG%C3%82NICA-COMO-PR%C3%81TICA-AGROECOL%C3%93GICA-NA-AGRICULTURA-FAMILIAR.pdf> > Acesso: 12/06/2019.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, L. M. . Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza** (UFU. Online), v. 20, p. 111-124, 2008.

SOUZA, F.A. de; AQUINO, A.M. de; RICCI, M. dos S.F.; FEIDEN, A. **Compostagem. Seropédica: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia**. 2001, p. 11.

SCHALCH, V. ; MASSUKADO, L. M.; BIANCO, C. I. Compostagem. **In: NUNES, R.R; REZENDE M. O. de. Recurso Solo Propriedade e Uso**. São Paulo: Editora Cubo, 2016, p.634.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995, p.174.

TEIXEIRA, L.B. et al. **Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural**. Belém: Embrapa, 2004, p.8 (Circular Técnica, 33).

Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacaosocial_mat_reciclavel_brasil.pdf> Acesso: 05/10/2018.

Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meioambiente/2013/08/semana-nacional-do-meioambiente-2013>> Acesso: 05/10/2018.

USO DA ÁGUA DE REUSO NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Ana Paula dos Santos Oliveira Tavares de Azevedo¹; Laurene Kárita Pereira²; Ana Paula Aparecida Borges³; Polianna Alves Silva Dias⁴; Pedro Henrique Pinto Ribeiro⁵

Autor para correspondência: anapsota@gmail.com

¹Faculdade Una de Catalão; ²Faculdade Una de Catalão; ³Faculdade Una de Catalão; ⁴Faculdade Una de Catalão; ⁵Valley/Valmont

RESUMO

A escassez de água em alguns meses do ano é uma realidade em alguns lugares do país em função das mudanças climáticas, o que vem despertando a preocupação da sociedade e a busca por alternativas para minimizar os efeitos dos baixos níveis dos reservatórios. Uma forma de contribuir para diminuição do desperdício do uso da água é o reuso de água, como a pluvial. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de captação de água da chuva e de aparelhos de ar-condicionado e seu reaproveitamento como irrigação por gotejo em casa de vegetação. O projeto foi implantado na Faculdade Una de Catalão - GO. Neste município a precipitação média anual é de 1.485 mm. Por medição direta, em um aparelho de ar condicionado de 48.000 BTUs foi possível captar 1,5 L de água por hora. O sistema de reaproveitamento contribui para reduzir o consumo de água e a irrigação via gotejo proporciona o cultivo de espécies vegetais durante todo o ano, devido ao baixo volume de água utilizado, onde os emissores vão de 0,5 L.h⁻¹ a 8 L.h⁻¹, quando se trata de irrigação familiar/pequenas áreas, de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Água de reuso; Irrigação por Gotejo; Sustentabilidade

USE OF REUSE WATER IN DRIP IRRIGATION

ABSTRACT

The scarcity of water in some months of the year is a reality in some places of the country due to climate change, which has aroused the concern of society and the search for alternatives to minimize the effects of low levels of reservoirs. A way of contributing to a reduction in waste water use is water reuse, such as pluvial. The objective of this work was to develop a system of rainwater harvesting and air conditioners and its reuse as a drip irrigation in a greenhouse. The project was implemented at the Una University de Catalão-GO. In this municipality the average annual rainfall is 1,485 mm. by direct measurement, in an air conditioner of 48,000 BTUs it was possible to capture 1.5 L of water per hour. The reuse system contributes to reduce water consumption and drip irrigation provides the cultivation of plant species throughout the year, due to the low volume of water used, where the emitters range from 0.5 L. h⁻¹ to 8 L. h⁻¹, when it comes to Family irrigation/small areas, low cost.

KEY-WORDS: Reuse water; Drip irrigation; Sustainability

INTRODUÇÃO

A irrigação propicia fornecimento de água em quantidades adequadas ao desenvolvimento de plantas, por meio de aplicação artificial de água no solo em momentos de falta ou má distribuição de chuvas. Na modalidade de irrigação pressurizada um dos tipos utilizados é a irrigação localizada que consiste na aplicação da água diretamente sobre a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência por meio

de gotejadores. Esses sistemas de irrigação localizada, são utilizados em aproximadamente 8% da área irrigada no Brasil, com considerável potencial de crescimento, em virtude dos ótimos níveis de eficiência alcançados (ABBOUD, 2013).

Para Reichardt & Timm (2016), não há dúvidas que a água é essencial para a vida, um elemento encontrado em abundância na face da Terra. Mas da parcela de água doce, somente 0,3% está em lagos e rios prontamente disponíveis para o consumo humano, sendo que 65% dessa reserva são utilizados em atividades agrícolas; 22%, pela indústria; 7%, pelos municípios; e os outros 6% são perdidos em termos de uso para o homem. Por essas razões a escassez de água potável deixou de ser uma realidade distante, a exemplo a crise hídrica que ocorreu entre os anos de 2013 a 2015 em São Paulo e no Rio de Janeiro, quando os reservatórios desses grandes centros chegaram a níveis baixíssimos.

Nesse contexto, para reestabelecer o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, Nardocci et al. (2003) defende que além da necessidade de se desenvolver políticas que disseminem na sociedade a cultura de conservação da água, outro instrumento de gestão dos recursos hídricos considerado moderno e eficaz é o reuso consciente e planejado de águas de baixa qualidade – águas de drenagem agrícola, águas salobras, águas de chuva, e principalmente esgotos domésticos e industriais – visando a garantia da sustentabilidade desse recurso natural em âmbito nacional.

Em função do problema da escassez da água, Fernandes et al. (2015) observam que a sociedade cada dia mais preocupada com questões ambientais, têm buscado soluções sustentáveis, procurando formas de reaproveitar em seus prédios água da chuva e águas como as geradas por aparelhos de ar-condicionado. A utilização de aparelhos de ar-condicionado se popularizou em prédios comerciais e residenciais, gerando um volume significativo de água gotejada durante seu funcionamento derivada da umidade do ar, condensada pelo aparelho, quando este resfria o ar do ambiente interno. Mas na maioria dos casos, a água expelida pelo dreno do aparelho volta ao meio ambiente de forma inapropriada. Nessa perspectiva, Nardocci et al. (2003) concorda que o reaproveitamento da água que há anos era uma opção exótica, hoje se tornou uma estratégia para o consumo racional que não pode ser ignorada.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do projeto de irrigação por gotejo com o reuso de água da chuva em consórcio com o reuso da água proveniente dos aparelhos de ar-condicionados, visa reduzir o consumo de água no abastecimento de casa de vegetação, proporcionando cultivar espécies vegetais o ano todo, e incentivar estratégias voltadas para a sustentabilidade dos recursos hídricos da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de captação para reaproveitamento de água foi instalado na faculdade Una de Catalão – GO. O município está localizado do Sudeste goiano e apresenta classificação do clima Aw (clima tropical) segundo Köppen. Inicialmente, foi desenvolvido um mecanismo para armazenar a água canalizada pelo sistema de calhas do telhado do bloco principal da Faculdade Una Catalão, campus Santo Antônio, que serão armazenados em um reservatório de 1000 L.

Como complemento, instalou-se uma rede de captação da água drenada pelos três aparelhos de ar-condicionado instalados no bloco de laboratórios, pela qual a água escoará através de um tubo PVC até o reservatório de 310 L. A estrutura instalada na segunda etapa para coletar e armazenar a água eliminada pelos três aparelhos de ar-condicionado são do tipo Split Piso Teto Space, modelo 38CCL048235MC, marca Carrier, com capacidade de 48.000 BTUs localizados nos laboratórios do campus.

Esses dois mecanismos de captação e armazenamento são interligados. A água proveniente desses reservatórios é conduzida por gravidade por mangueiras de polietileno passando por um carneiro hidráulico artesanal, que funciona como uma bomba para abastecer mais um reservatório com capacidade de 1000 L que está localizado ao lado da casa de vegetação instalado a dois metros de altura em relação ao nível do solo (PINTO et al., 2015).

No último reservatório, quando o registro geral está aberto, a água passa por um tubo PVC, denominado cano mestre, descendo pela força da gravidade em direção aos canteiros dentro da casa de vegetação, e por meio de conectores iniciais com registro individuais, instalados diretamente no cano mestre, conectou-se a mangueira gotejadora com espaçamento entre furos de 20 cm e capacidade de vazão de água de 7,5 L.h⁻¹, distribuída com espaçamento médio de 30 cm entre uma mangueira e outra, de modo que entre uma linha e outra de planta, a mangueira passa ao lado, formando uma faixa molhada contínua.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados pela estação convencional (OMM: 83526) localizada na cidade de Catalão – GO e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), selecionou-se o gráfico climatológico da média mensal e anual de precipitação acumulada (mm) do período de 1961-1990 (Figura 1).

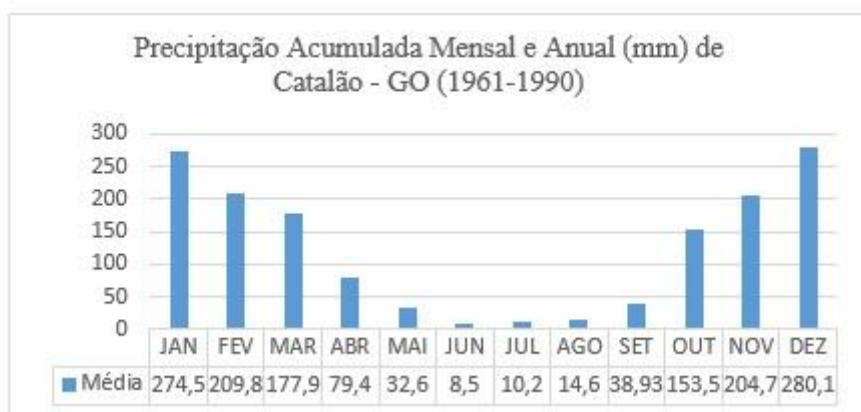


Figura 1: Índice pluviométrico de Catalão - GO no período de 1961 a 1990.

Fonte: INMET, adaptado pelo autor

Por meio da análise desses dados, identificou-se a frequência média da distribuição das chuvas durante os meses de outubro a abril evidenciando este como o período chuvoso e o de estiagem entre os meses de maio a setembro, registrando uma precipitação média anual de 1.485 mm. A rede de captação está instalada e estima-se que, no próximo período chuvoso, seja possível acumular volume de água suficiente para a irrigação de seis canteiros, os quais totalizam 21 m².

A Figura 2 apresenta o projeto de instalação do sistema de captação e irrigação via reaproveitamento de água pluvial e dos aparelhos de ar-condicionado.

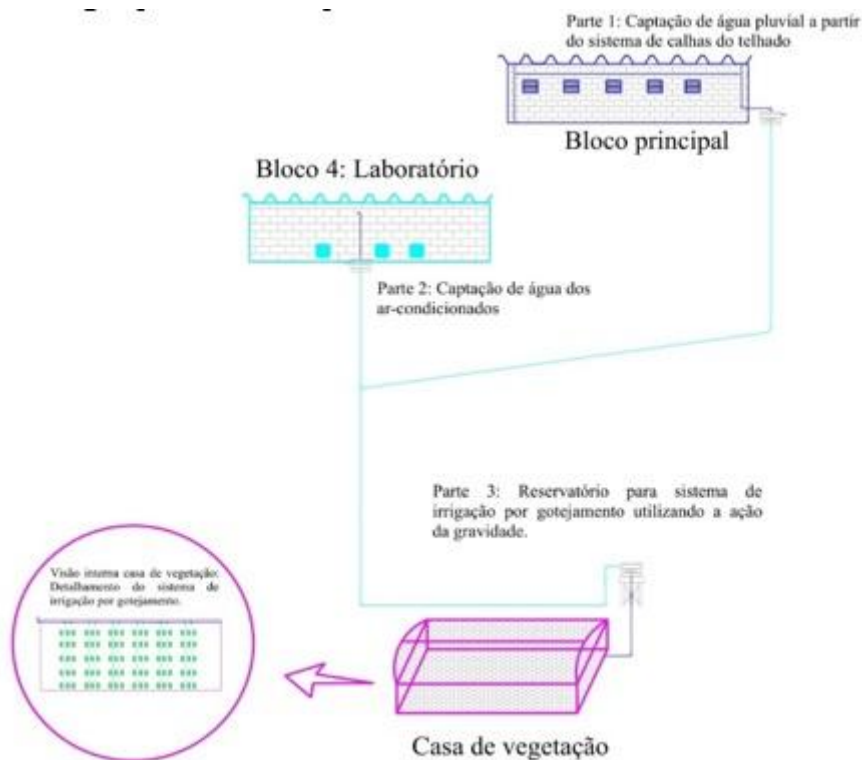


Figura 2. Projeto de instalação de sistema de irrigação por gotejamento.

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com Mota (2011 apud FERNANDES et al., 2015), em média um ar condicionado com 12.000 BTUs (*British Thermal Units*) gera em torno de 300 mL h^{-1} de água. Com a instalação da rede de captação é possível reaproveitar esta água que, até o momento, era direcionada para a rede de efluentes.

Realizou-se uma medição por método direto em um aparelho de ar condicionado de 48.000 BTUs, durante o período de uma hora à temperatura de $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$. A média de cinco observações permitiu recolher o volume de 1,5 L de água drenada por hora.

O resultado apresentado é compatível ao da pesquisa realizada por Fernandes et al. (2015) se levarmos em consideração que a potência dos aparelhos objeto de estudo nesse projeto são quatro vezes maiores que a potência dos aparelhos analisados pelo autor na referida pesquisa. Para estimar, aproximadamente, a economia em volume de água que o sistema irá proporcionar nos próximos doze meses, admita que cinco vezes por semana os aparelhos da faculdade funcionem nas mesmas condições por uma hora. Em uma semana serão poupados aproximadamente 22,5L de água, o que equivale a uma média de 90L por mês, alcançando uma economia anual de aproximadamente 1.080L de água. Já que os aparelhos, em média, ficam ligados quatro horas por dia, esse volume será, em média, quatro vezes maior (360 L mês^{-1}).

A captação de águas pluviais apresenta grande potencial quando pensada como uma solução alternativa ao problema de escassez de água. O reaproveitamento da água de chuva durante o período de estiagem para irrigação no campo, aliado às vantagens da irrigação localizada, permite o controle rigoroso da quantidade de água fornecida às plantas, conseqüentemente promove grande economia de água e energia.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A água proveniente da drenagem dos aparelhos de ar-condicionado que seria perdida para o ambiente, torna-se uma alternativa sustentável viável para minimizar o desperdício de água em ambientes comerciais e residenciais. No projeto, sua utilização em consórcio com a água pluvial permitirá a irrigação de culturas conduzidas na casa de vegetação durante o período de estiagem. O projeto pode ser replicado com facilidade, pois se adapta a vários tipos de terrenos aumentando a possibilidade de cultivo em áreas com

condições desfavoráveis. O conjunto das soluções apresentadas pelo projeto permite associar o fator econômico ao benefício ambiental trazido pela utilização de técnicas sustentáveis no reuso de água, incentivando o uso racional dos recursos hídricos e a propagação de medidas para construção de uma consciência coletiva socioambiental que não se limite apenas à comunidade acadêmica, mas desperte o interesse do empresário, produtor rural e dos indivíduos em investir em medidas sustentáveis reduzindo o desperdício de água.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À turma de Engenharia Mecânica e às empresas Resiplastic e Madeireira Boa Vista pela doação de material; à Campo Consultoria em Agronegócios e JMK Veículos pela doação de recursos financeiros; e aos alunos de Agronomia da Una pelo desenvolvimento dos filtros.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABBOUD, A. C. **Introdução à Agronomia**. (1ª ed.). Editora Interciência Ltda. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.

NARDOCCI, A. C.; PHILIPPI JR.; A.; FINK, D. R.; FILHO, D. B; GRULL, D.; SANTOS, G. J. DOS; PAGANINI, W. DA S. **Reuso de Água**. (P. CAETANO SANCHES MANCUSO, & H. FELICIO DOS SANTOS, Eds.). Editora Manole Ltda. Barueri, SP, Brasil, 2003.

FERNANDES, J. G., FORTES, P. D., & JARDIM, P. W. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ. Acesso em 30 de Maio de 2019, disponível em <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37822430.pdf>, 2015.

PINTO, J. M., COSTA, N. D., YURI, J. E., & CALGARO, M. **Embrapa**. Acesso em 30 de Maio de 2019, disponível em Embrapa: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130520/1/INT122.pdf>, 2015.

REICHARDT, K., & TIMM, L. **Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera**. Editora Manole Ltda. Barueri, SP, Brasil, 2016.

AGROECOLOGIA E AGRICULTURA FAMILIAR: CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Viviane Cristina Dias de Jesus¹; Reinaldo Silva Mariano²; Renato dos Reis Borges Cabral³; Roberto Marra Carvalho⁴

Autor para correspondência: vivianegeoufg@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás Regional Catalão; ²Universidade Federal de Goiás Regional Catalão; ³Universidade Federal de Goiás Regional Catalão; ⁴Universidade Federal de Goiás Regional Catalão

RESUMO

Vinte anos após a Conferência de Estocolmo, Suécia, onde os países reconheceram o conceito de desenvolvimento sustentável e começaram a mover ações no sentido de proteger o meio ambiente, aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, realizada em junho de 1992 no Rio de Janeiro, a Eco-92, Rio-92 ou Cúpula da Terra. É perceptível que o mundo ainda enfrenta sérios problemas quanto à exploração dos recursos naturais, porém os debates apresentados na Rio-92, nos quais foi consolidada a Agenda 21 - um dos principais instrumentos pactuados entre as 179 nações participantes da Conferência, revela que estes debates tiveram um viés de adequação ao sistema capitalista diante das necessidades do capital de se adequar a dinâmica de produção-consumo no século XXI. A partir desses debates, destaca-se a influência da Agenda 21 na implantação de políticas públicas voltadas para a agricultura e pecuária, notadamente, nas questões relacionadas à substituição progressiva dos sistemas agrícolas convencionais, por sistemas agroecológicos com vistas à agricultura sustentável e conservação dos recursos naturais. Nesse sentido, o artigo traz uma abordagem teórica quanto à aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável na agricultura, contrapondo o atual modelo de produção capitalista no campo, pautado pela grande mecanização e utilização de insumos e agrotóxicos, com a Agroecologia, uma forma de produção agrícola aliada à trajetória de luta e resistência da Agricultura Familiar, que muito tem contribuído para o desenvolvimento sustentável e a promoção da oferta de alimentos mais saudáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento sustentável; Agroecologia; Agricultura familiar

AGROECOLOGY AND FAMILY AGRICULTURE: PATHWAYS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT

Twenty years after the Stockholm Conference in Sweden, where countries recognized the concept of sustainable development and began to take action to protect the environment, the United Nations Conference on Environment and Sustainable Development held in June 1992 in Rio de Janeiro, the Eco-92, Rio-92 or Earth Summit. It is obvious that the world is still facing serious problems regarding the exploitation of natural resources, but the debates in Rio-92, in which Agenda 21 was consolidated - one of the main instruments agreed among the 179 participating nations of the Conference, reveals that these debates had a bias of adequacy to the capitalist system in the face of the needs of capital to adjust to the dynamics of production and consumption in the twenty-first century. From these debates, we highlight the influence of Agenda 21 in the implementation of public policies focused on agriculture and livestock, notably on issues related to the progressive substitution of conventional farming systems, agroecological systems for sustainable agriculture and conservation of resources natural resources. In this sense, the article presents a theoretical approach regarding the application of the concept of sustainable development in agriculture,

opposing the current model of capitalist production in the countryside, based on the great mechanization and use of inputs and agrochemicals, with Agroecology, a form of agricultural production allied to the trajectory of struggle and resistance of Family Agriculture, which has greatly contributed to the sustainable development and promotion of the provision of healthier foods.

KEY-WORDS: Sustainable development; Agroecology; Family Farming.

INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo tratar dos debates levantados após a Conferência para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente, a Rio-92, destinada a discutir soluções para as questões ambientais. Serão apresentadas as orientações propostas no documento conhecido como “Agenda 21” frente à adequação do sistema produtivo vigente nas últimas décadas no Brasil. Neste artigo serão propostas algumas orientações ambientais referentes à Agroecologia, sua história de implantação no país, e aliada à trajetória de luta e resistência dos movimentos sociais camponeses, em especial aqueles pertencentes à Agricultura Familiar, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e para a promoção da melhoria na qualidade de vida por meio da oferta alimentos saudáveis.

Embora os debates sobre o desenvolvimento sustentável tragam um sentido de adequação ao sistema capitalista de produção e consumo vigente, também trazem alguns pontos tidos como positivos, como as políticas públicas voltadas para a produção agroecológica por meio da Agricultura Familiar. Nesse sentido, autores como Braga (2015), Nascimento (2012), Silva (2010), Bezerra e Veiga (2000), Agenda 21 (1995), Agenda 21 Brasileira (2002), engrandecem o debate e apontam as contradições da Agenda 21 perante o conceito de desenvolvimento sustentável, ao passo que os autores Jesus (2005), Caporal e Costabeber (2004), Azevedo e Netto (2005), Embrapa (2005), Cartilha Agroecológica / Instituto Giramundo Mutuando (2005), Montezano e Peil (2006), Jalfim (et al., 2013), Costa Gomes e Borba (2004), Santos e Chalub-Martins (2012), Bezerra e Veiga (2000), Guimarães e Mesquita (2010), Ribeiro e Junior (2011), Rosset (et al., 2014), Pasqualotto (et al., 2013), Wanderley (2017), Santos (et al., 2014), Delgado e Bergamasco (2017) e Oliveira (2012) apontam os benefícios e os caminhos da implantação da Agroecologia no campo brasileiro, frente ao sistema de produção coordenado pelo agronegócio.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este artigo pretende ser uma contribuição aos debates levantados após a Conferência para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente, a Rio-92, Eco-92 ou Cúpula da Terra, destinada a discutir soluções para as questões ambientais. Nesse contexto, busca discutir o desenvolvimento sustentável, proposto na Agenda 21 frente ao pujante sistema capitalista de produção, representado no campo brasileiro pelos agronegócios. Diante disso, busca contrapor o modelo de produção capitalista no campo, pautado pela grande mecanização e utilização de insumos e agrotóxicos, com a Agroecologia – modo de produção agrícola em crescente utilização pela Agricultura Familiar, e que muito tem contribuído para o desenvolvimento sustentável e a promoção da oferta de alimentos mais saudáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram abordadas discussões pautadas no materialismo histórico-dialético a partir da pesquisa bibliográfica, que para Gil (2008) é aquela desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos; e a pesquisa documental, que Helder (2006) descreve como aquela que se vale de documentos originais, que ainda não receberam tratamento analítico por nenhum autor, sendo uma das técnicas decisivas para a pesquisa em Ciências Sociais e Humanas. A metodologia utilizada no artigo busca contrapor o modo de produção capitalista presente no campo brasileiro com profundas consequências ambientais e sociais, com a Agroecologia, enquanto modo de produção agrícola sustentável em crescente utilização pela Agricultura Familiar, com vistas à preservação ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora os debates relacionados ao desenvolvimento sustentável nas conferências internacionais pautem-se mais pela adequação ao sistema capitalista de produção, é imprescindível destacar a importância da Agenda 21, enquanto documento responsável pela elaboração de políticas públicas voltadas para o planejamento ambiental e produção sustentável no meio rural brasileiro. A partir das discussões estabelecidas no artigo, conclui-se que ainda é hegemônico o sistema de produção no campo, caracterizado pela ampla utilização da química agrícola, da biologia e da mecânica. Contudo, após a implantação da Agenda 21 brasileira, houve uma forte tendência para a substituição progressiva dos sistemas agrícolas regidos pelos agronegócios, caracterizados pelas monoculturas, por sistemas diversificados que têm demonstrado uma série de vantagens agronômicas, econômicas e sustentáveis. Nesse contexto, para que ocorra essa substituição progressiva, os estudos apontam a importância da Agroecologia, enquanto modo de produção agrícola sustentável em crescente utilização pela Agricultura familiar. A aplicação desse novo conceito de produção rural tem proporcionado a ampliação das condições de acesso a alimentos saudáveis, engajando um novo modelo de agricultura que contribui para o fortalecimento de bases estruturais socialmente justas e inclusivas no campo.

Agenda 21, Agroecologia e desenvolvimento sustentável

A partir da Primeira Revolução Industrial, surgiu a Agroindústria, com uma produção em grande escala, baseada em técnicas da chamada “Revolução Verde”, que trazia um pacote tecnológico com a dinâmica de uso de sementes híbridas, adubos sintéticos, agrotóxicos e mecanização. A mecanização do manejo do solo aumentou o desmatamento e as consequências da exploração dos recursos naturais a qualquer custo atingiram níveis alarmantes. Desmatamentos, poluição da atmosfera, das águas, dos solos, além de problemas sociais levaram a sociedade a pressionar os governos por soluções rápidas e eficazes. Infelizmente, o atual modelo de desenvolvimento econômico ainda está baseado principalmente na crescente utilização desses recursos naturais como fonte de extração de matérias-primas. Esse comportamento em relação ao meio ambiente gerou a necessidade de tomada de medidas para tratar dos problemas ambientais.

Braga (2015) escreve que o debate acerca dos impactos ambientais começou a ser desenvolvido em 1972, com o conceito de “desenvolvimento sustentável”, sendo apresentado na Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, ocorrida em Estocolmo, Suécia. Este evento foi organizado após a ocorrência de chuvas ácidas nos países nórdicos, o que levou a Suécia a sugerir uma conferência que propusesse a diminuição da emissão de gases poluentes na atmosfera (NASCIMENTO, 2012). Em 1987, na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente reforçou-se o aviso de mudança nos padrões de produção e consumo para o desenvolvimento sustentável. Esses eventos importantes que apontavam o discurso de desenvolvimento sustentável demonstravam uma suposta preocupação dos governantes para com a exploração indiscriminada dos recursos naturais. Contudo, de acordo com Silva (2010, p. 167 apud SILVA, 2014, p. 109),

[...] a formulação Desenvolvimento Sustentável representa uma tentativa de oferecer respostas à problemática do meio ambiente a partir de uma crítica às teorias desenvolvimentistas, hegemônicas no pós-guerra, sem, no entanto, inscrevê-las no contexto da crítica ao modo capitalista de produção; em outras palavras, trata-se de uma tentativa de articular expansão capitalista e utilização racional dos recursos naturais, crescimento econômico, respeito ao meio ambiente e redução da pobreza. (SILVA, M. 2010, p. 167 apud SILVA, P. 2014, p. 109).

A discussão que é proposta por Silva (2010 apud SILVA, 2014), é justamente a de que o capital destina a responsabilidade de preservação dos recursos naturais em tais eventos internacionais e no discurso de desenvolvimento sustentável, aos países em desenvolvimento, justificando a partir daí o fato de que o estilo de vida das pessoas dos países desenvolvidos não pode ser estendido a toda humanidade.

No ano de 1992, exatamente 20 anos depois da conferência realizada em Estocolmo, o Brasil entra no mapa das principais conferências ligadas a discussão do meio ambiente, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro. O evento ficou mundialmente conhecido como Eco-92, Rio-92 ou Cúpula da Terra e entre os principais resultados, pode-se destacar a consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável.

Na Eco-92 foi consolidada a Agenda 21, um dos principais instrumentos pactuados entre as 179 nações participantes da Conferência. Nela estão estabelecidos compromissos e metas para uma série de questões que deverão promover o desenvolvimento sustentável, a equidade econômica e a justiça social. A partir da Agenda 21 Global, as nações assumiram o compromisso de realizar suas Agendas 21 Nacional, Regional e Local.

De acordo com a “Agenda 21” (1995, p. 07), a Eco-92 “foi saudada como sendo o mais importante e promissor encontro planetário do final do século XX”. Foram debatidos diversos assuntos, dentre eles destacaram-se o alerta aos perigos que ameaçavam a vida na Terra e a necessidade de uma aliança entre as nações em prol de um desenvolvimento que respeitasse o meio ambiente.

Para a viabilização dos compromissos, “são cruciais as estratégias, os planos, as políticas e os processos nacionais” (AGENDA 21, 1995, p. 11), que possibilitem a real construção dessas metas. Dessa forma, foram apontadas no documento algumas áreas de programas que facilitariam os trabalhos dos governantes. Percebendo que o Brasil se destaca mundialmente na agricultura e na pecuária, direciona-se este estudo para as áreas que apontam caminhos ao desenvolvimento sustentável no campo.

Nesse aspecto, o capítulo 14 da Agenda 21 trata da promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável, onde é especificada a necessidade de se efetuar ajustes nas políticas para a agricultura. A fim de realizar essa construção, foram estabelecidas algumas áreas de programas que direcionam os governos na implantação de leis e demais regulamentações.

Notando este direcionamento, a Agenda 21 (1995, p. 176) indica em uma de suas áreas de programa, que se deve fazer “revisão, planejamento e programação integrada da política agrícola, à luz do aspecto multifuncional da agricultura, em especial no que diz respeito à segurança alimentar e ao desenvolvimento sustentável”. No objetivo “h” da mesma área de programa, afirma-se a importância de se “formular e implementar projetos agrícolas integrados que incluam outras atividades voltadas para os recursos naturais, como o manejo de pastagens, florestas e fauna/flora silvestres [...]” (AGENDA 21, 1995, p. 178).

Seguindo essas e outras orientações, a “Agenda 21” (1995, p. 187), demonstra que se poderá diminuir a degradação de terra, sendo este o mais grave problema ambiental:

A degradação da terra, que afeta extensas áreas tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento, é o mais grave problema ambiental. O problema da erosão do solo é particularmente agudo nos países em desenvolvimento, enquanto em todos os países agravam-se os problemas de salinização, encharcamento, poluição do solo e perda da fertilidade do solo. A degradação das terras é grave porque a produtividade de vastas regiões está em declínio exatamente no momento em que se verifica um rápido aumento das populações e, conseqüentemente, cresce a demanda para que o solo produza mais alimento, fibra e combustível. [...] Embora o planejamento do uso das terras e seu zoneamento, associados a um melhor manejo de terras, devam oferecer soluções de longo prazo para o problema da degradação das terras, urge interromper tal degradação e dar início a programas de conservação e reabilitação nas regiões mais seriamente afetadas e mais vulneráveis. (AGENDA 21, 1995, p. 187).

A partir destes eventos e da disponibilização da Agenda 21, iniciaram-se então estudos que apontam soluções para os problemas ambientais no Brasil. Neste intuito, foi disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente no ano 2000, um resumo do documento final, “Agenda 21 Brasileira”, a obra foi denominada de “Agricultura Sustentável”, onde são apresentados estratégias de elaboração e implementação da Agenda 21 Brasileira.

Nos diagnósticos e estratégias apresentadas no resumo, são especificadas formas de atuação nos diferentes domínios morfoclimáticos brasileiros – Mata Atlântica e Florestas Meridionais, Caatinga, Cerrado e Floresta Amazônica –, expondo estratégias para a gestão da biodiversidade, sustentabilidade dos sistemas de produção e políticas públicas regionais, além de ações específicas para cada domínio.

Dentre os principais pontos do resumo estão os incentivos ao planejamento ambiental e ao manejo sustentável dos sistemas produtivos, onde são pontuados o planejamento e a gestão ambiental; conservação da biodiversidade; manejo dos sistemas produtivos; conservação e recuperação dos solos; redução do uso de agrotóxicos; aspectos legais relacionados ao uso de agrotóxicos; limites aos produtos transgênicos e instrumentos econômicos para o manejo sustentável. Observando todos esses pontos, torna-se relevante explicar o quanto a “Agenda 21” foi elaborada na tentativa de mudar de alguma forma o modelo da agricultura brasileira, deixando claro que:

A Agenda 21 brasileira considera fundamental que se promova a substituição progressiva dos sistemas agrícolas muito simplificados, como as monoculturas, por sistemas diversificados, sobretudo os sistemas rotacionais que integrem a produção animal e vegetal. Estes sistemas têm demonstrado uma série de vantagens agronômicas e econômicas e estão em conformidade com os anseios máximos da agricultura sustentável: garantir a segurança alimentar e a conservação dos recursos naturais. (BEZERRA; VEIGA, 2000, p. 100).

Buscando fugir do estilo convencional de agricultura que passou a ser hegemônico a partir de novos descobrimentos da química agrícola, da biologia e da mecânica, ocorridos já no início do século XX, surgem em diversos países, conceitos de agriculturas alternativas com diversas denominações. Entre esses conceitos, surge no cenário mundial a Agroecologia, descrita por Caporal e Costabeber (2004, p. 08), como “um novo enfoque científico, capaz de dar suporte a uma transição de estilos e agriculturas sustentáveis e, portanto, contribuir para o estabelecimento de processos de desenvolvimento rural sustentável.” Sobre o conceito de transição agroecológica, Caporal e Costabeber (2004) descrevem:

[...] na Agroecologia, é central o conceito de transição agroecológica, entendida como um processo gradual e multilinear de mudança, que ocorre através do tempo, nas formas de manejo dos agroecossistemas, que, na agricultura, tem como meta a passagem de um modelo agroquímico de produção (que pode ser mais ou menos intensivo no uso de *inputs* industriais) a estilos de agriculturas que incorporem princípios e tecnologias de base ecológica. Essa idéia de mudança se refere a um processo de evolução contínua e crescente no tempo, porém sem ter um momento final determinado. Entretanto, por se tratar de um processo social, isto é, por depender da intervenção humana, a transição agroecológica implica não somente na busca de uma maior racionalização econômico-produtiva, com base nas especificidades biofísicas de cada agroecossistema, mas também numa mudança nas atitudes e valores dos atores sociais em relação ao manejo e conservação dos recursos naturais. (CAPORAL; COSTABEBER, 2004 p. 12).

De acordo com Azevedo e Netto (2015 apud Hecth, 1999), foi através desse contexto que a Agroecologia acaba sendo “redescoberta”. Possui um enfoque na agricultura mais relacionado ao meio ambiente e mais sensível socialmente, busca a produção, mas também a sustentabilidade ecológica desta, ou seja, centra-se nas relações ecológicas no campo e assim tem o intuito de iluminar a forma, a dinâmica e as funções desta relação.

Para Caporal e Costabeber (2004), “a Agroecologia não oferece, por exemplo, uma teoria sobre Desenvolvimento Rural, sobre Metodologias Participativas e, tampouco, sobre métodos para a construção e validação do conhecimento técnico”. Mas busca nos conhecimentos e experiências já acumuladas, ou através da Investigação-Ação Participativa ou do Diagnóstico Rural Participativo, por exemplo, um método de intervenção que, além de manter coerência com suas bases epistemológicas, contribua para a promoção das transformações sociais necessárias para gerar padrões de produção e consumo mais sustentáveis.

Para Azevedo e Netto (2015, p. 640), a Agroecologia é o termo que se faz presente para legitimar o chamado desenvolvimento rural sustentável, devendo-se ao fato de que esta possibilita desenvolver e programar estratégias de transformação social de maneira sustentável. Entretanto, a Agroecologia pode representar um

avanço paradigmático somente para aqueles que estão em busca do novo, o que ainda concebe uma “pequena” parcela nas academias e instituições de pesquisa atuais.

Dessa maneira, de acordo com a Cartilha Agroecológica / Instituto Giramundo Mutuando (2005), destacam-se entre as práticas agroecológicas mais comuns:

- O preparo do solo através da descompactação, mobilização e aplicação de curvas de nível;
- A implantação de quebra-ventos, que consistem no plantio de linhas de árvores de forma a formar uma barreira, visando proteger as plantas das ações do vento que levam a perda da umidade, causam perda de folhas, quebram galhos e provocam arranhões, permitindo a entrada de doenças;
- Adubação orgânica (adubação verde, esterco, compostagem e biofertilizantes) que aumentam ou mantêm a fertilidade do solo, garantindo longa vida de produção e da terra;
- Os Sistemas Agroflorestais (SAF), que consistem numa área de floresta ou reflorestamento que são manejados juntamente com culturas agrícolas, podendo ter ou não animais, num mesmo espaço, obtendo, assim, a produção de diversos produtos ao mesmo tempo;
- Produção animal agroecológica, com a escolha da raça adequada para as condições climáticas e sociais, manejo nutricional tendo a independência em relação aos insumos externos, etc.;
- Uso de defensivos ecológicos para plantas e animais, que são praticamente não-tóxicos ou com baixa toxicidade, ou seja, baixa ou nenhuma agressividade ao homem e à natureza.

Montezano e Peil (2006 apud Kolmans e Vásquez, 1999) ainda destacam como exemplo considerável de produção agroecológica, o sistema consorciado de cultivo, caracterizado pelo crescimento simultâneo de duas ou mais culturas em uma mesma área, não estabelecidas necessariamente ao mesmo tempo, devendo estar integrado a um programa de rotação de culturas.

Nesse aspecto, são apontadas as vantagens econômicas e ambientais desse sistema em relação aos sistemas modernos de produção:

Dentro das muitas possibilidades de sistemas de cultivo múltiplo, os casos particulares dos sistemas de consórcio têm recebido especial atenção, principalmente por causa da riqueza de suas interações ecológicas e do arranjo e manejo das culturas no campo, que contrastam com os sistemas agrícolas modernizados, assentados sobre a exploração de monoculturas, uso intensivo de capital e de produtos originários do setor industrial, como fertilizantes sintéticos e agrotóxicos. (MONTEZANO; PEIL, p. 129 apud SANTOS, 1998, n.p).

As vantagens da produção através dos consórcios agroecológicos podem ser evidenciadas no roçado de sequeiro, elemento muito importante nos sistemas produtivos familiares da região semiárida nordestina. De acordo com Jalfim (et al., 2013), o sistema produz alimento (milho e feijão) e forragem para o rebanho. Até pouco tempo atrás, o algodão integrava esse roçado e era uma fonte de renda de primeira ordem para as famílias. Nos anos 1980, a chegada da praga do bicudo[1] foi determinante, e o algodão praticamente desapareceu dos roçados familiares.

Jalfim (et al., 2013) relatam que ocorreram diversas tentativas de revitalização da cultura do algodão no Nordeste com técnicas convencionais, inclusive com aplicação de agrotóxicos para o controle do bicudo, mas elas foram pouco eficazes. O Projeto Dom Helder Camara (PDHC)[2] entrou em contato com entidades como a Esplar[3] e a Embrapa Algodão para então desenvolver os roçados consorciados de algodão agroecológico nas áreas do Projeto (Figura 1). O Projeto teve início em 2008 no estado do Ceará, com 130 famílias e em 2013, já contava com aproximadamente 1000 famílias.

Figura 1: Algodão em consórcios agroecológicos

Fonte: ASP-TA – AGRICULTURA FAMILIAR E AGROECOLOGIA, 2013.

A partir dessas considerações, Jesus (2005, p. 44) relata que está sendo construído, um novo paradigma, o agroecológico, de forma participativa, com contribuições da comunidade acadêmica, de cientistas das

instituições de pesquisas públicas e privadas, das ações das ONGs, dos conhecimentos dos agricultores locais, das experiências das associações e representações dos produtores e dos movimentos de mobilização popular.

Costa Gomes e Borba (2004) consideram a adoção de metodologias participativas essenciais para a Agroecologia, pois fortalece os laços comunitários e desencadeia processos de ação social coletiva. Essa incorporação da participação permite ganhos em conhecimento e em criatividade;

[...] a participação é condição essencial, pois é instrumento de mobilização social que fortalece os laços comunitários e o sentido comum, com a finalidade de desencadear processos de ação social coletiva nos quais as pessoas reconhecem o valor dos recursos e demais elementos constituintes de uma condição local (muitas vezes assinalada como marginal), com fins de estabelecer planos de longo prazo; numa perspectiva de desenvolvimento endógeno. Para a Agroecologia a incorporação da participação como pressuposto epistemológico permite ganhos em conhecimento e em criatividade, assim como estabelecer processos transformadores de longo prazo (COSTA GOMES; BORBA, 2004 p. 04).

As organizações sociais no campo são essenciais para a compreensão da Agroecologia. De acordo com Santos e Chalub-Martins (2012), a Agroecologia herda algumas práticas tradicionais da Agricultura Familiar, especificamente as relacionadas ao conhecimento endêmico e à manutenção de técnicas, sementes crioulas e variedades de cultivo local.

Buscando apresentar soluções para os diversos problemas ambientais, a obra Agricultura Sustentável (BEZERRA; VEIGA, 2000), apresenta a importância da participação ativa das organizações sociais do campo – ligadas à Agricultura Familiar e as ações de instituições estatais de pesquisa agropecuária, incluindo temas de manejos sustentáveis dos sistemas produtivos até o planejamento ambiental, baseado em zoneamentos agroecológicos.

A organização social familiar em torno da produção agrícola sempre existiu no Brasil, em paralelo com os grandes ciclos agrícolas que caracterizam a história da economia nacional. Porém, diferente da grande produção para o mercado internacional, a Agricultura Familiar passou a contar com o apoio do Estado somente a partir do Programa Nacional de Política Fundiária, de 1982.

Agronegócios x Agricultura Familiar e Agroecologia

A modernização da agricultura, representada pelos agronegócios, calcados na produção/exportação de *commodities*, tem sua origem no processo de colonização portuguesa. Nesse aspecto, Guimarães e Mesquita (2010 apud FERNANDES, 2004), citam que a partir da forma denominada *plantation*, o Brasil Colônia ingressava no sistema de grandes propriedades com destinação de produtos ao mercado exterior.

Essa situação se agravou ainda mais a partir da década de 1990, quando observou-se no país, a abertura de mercado ao capital externo e a queda do controle e a regulação exercida pelo Estado em vários setores da economia, entre eles a agricultura:

A partir da década de 1990, nos países em desenvolvimento, inclusive o Brasil, observam-se a abertura de mercado ao capital externo e a queda do controle e da regulação que o Estado exerce nas esferas econômica, financeira, social, assim como na produção, no mundo do trabalho, no plano fiscal/tributário, na política agrícola/industrial e no financiamento de políticas de proteção social, como educação, saúde, assistência social, dentre outros setores. Sob a égide do capitalismo mundializado, as regras vigentes são a do capital financeiro global. Na agricultura, as diferentes etapas dos negócios agrícolas (produção, comercialização, processamento, distribuição, pesquisa e difusão de tecnologia) passaram cada vez mais a ser controladas por corporações transnacionais. (RIBEIRO; JUNIOR, 2011, p.78).

O domínio do capital financeiro e dos agronegócios nos rumos da agricultura brasileira pode ser evidenciado nas áreas do Cerrado. Segundo Bezerra e Veiga (2000), entre 1976-78, a produção de soja no Brasil Central representava apenas 6% do total nacional, passando, em meados dos anos noventa, para mais de 40%. As

lavouras ocupavam modestos 4 milhões de hectares em 1970 e as pastagens 8,7 milhões. Hoje, 90 milhões de hectares são utilizados como pastagens naturais e 10 milhões são áreas não aproveitadas no interior de estabelecimentos agropecuários. Apenas 7% dos cerrados ainda não foram submetidos a algum tipo de exploração intensiva ou extensiva.

Nesse aspecto, esse modelo de produção tem conduzido a uma exploração intensiva do Cerrado, provocando altos índices de desmatamento, empobrecimento do solo e sua contaminação por agrotóxicos:

Outro problema sério que se manifesta nas áreas de cerrado mais propícias à prática da agricultura é a intensidade de uso de fertilizantes químicos, sobretudo, agrotóxicos. A simplificação do ambiente natural, necessária à produção de grãos em larga escala, tem levado ao aumento da resistência das pragas e doenças e, portanto, ao uso de doses crescentes de agrotóxicos. Se na região Sul já são precárias as informações a respeito da contaminação de recursos naturais por agrotóxicos, no cerrado pode-se dizer não há qualquer dado consistente sobre o tema. Mesmo no plantio direto, embora haja uma redução no emprego de agrotóxicos, relativamente aos métodos convencionais, é grande o uso de herbicidas. (BEZERRA;VEIGA, 2000, p. 24).

O sistema de agricultura convencional, regido pelos agronegócios é considerado altamente dependente de insumos externos, como fertilizantes químicos e agrotóxicos, que podem provocar a contaminação de solos, água e ar, além de causar a resistência de pragas. Sobre isso Rosset (et al., 2014, p. 82 apud FOLEY et al., 2011) escrevem:

A alta dependência por fertilizantes, por exemplo, causa o aumento dos custos energéticos de conversão do nitrogênio atmosférico [...]. O excesso de nutrientes aplicados na agricultura convencional pode causar problemas ambientais em algumas partes do planeta. Custos ambientais de todas as perdas de nitrogênio na Europa foram recentemente estimados em € 70 a 320 bilhões de euros por ano, o que supera os benefícios econômicos diretos do nitrogênio na agricultura. (ROSSET et al., 2014 p. 82 apud FOLEY et al., 2011 n.p).

Além dessas questões, outros aspectos, causados pelo processo de modernização da agricultura brasileira nas últimas décadas, estão relacionados às profundas transformações econômicas, ambientais, políticas e sociais no campo. De acordo com Pasqualotto (et al., 2013), essas transformações resultaram no modelo atual de produção, no qual se evidenciam grandes concentrações de terras por parte de poucos proprietários e um número elevado de famílias agricultoras que sobrevivem em pequenas áreas.

A grande concentração de terras, marcada pela presença do capital financeiro e das transnacionais, reflete a atual situação do campo no país:

Na atualidade, as corporações transnacionais, de vultoso capital financeiro, investem na modernização do campo e na construção de biotecnologias, representadas pelos transgênicos. Essa versão do modelo capitalista da agricultura coloca o mercado como referência e meta a ser alcançada, impõe monoculturas, compromete a biodiversidade, concentra terras e investimentos do Estado na forma de financiamentos. A mão de obra assalariada, utilizada nas empresas rurais, trás lembranças do período escravista no Brasil: uma imagem da exploração, do trabalho degradante, com presença de bóias-frias e trabalho escravo. A maioria destes trabalhadores foi expulsa do campo pelo processo de modernização e são moradores das periferias urbanas em condições precárias. (GUIMARÃES; MESQUITA, 2010, p. 03).

Concomitantemente, novas formas de processos sociais, econômicos e políticos organizados em escala nacional, têm mostrado novos caminhos, no que se refere a projetos e ações políticas de organizações, movimentos sociais e demais segmentos que alinham aos agricultores familiares, camponeses e outros povos do campo. Os movimentos sociais camponeses promovem uma agricultura com menos impactos socioambientais e melhor distribuição de renda “trazendo a Agroecologia como forma de desenvolvimento e inclusão, resgatando saberes tradicionais aliados a técnicas modernas de produção” (GUIMARÃES;MESQUITA, 2010, p.03).

Nesse sentido, no final da década de 1980, com o processo de redemocratização, os debates acerca do desenvolvimento rural se intensificaram, e com eles, as críticas ao modelo dominante da modernização produtivista da agricultura, cuja base permanecia a concentração fundiária e a expulsão massiva de trabalhadores da terra em suas diversas manifestações sociais e regionais.

Conforme ressalta Wanderley (2017), a Agricultura Familiar se tornou a categoria consagrada, capaz de abranger todas as formas sociais, não dominantes, de agricultura, baseada na associação entre trabalho, família e produção, bem como aquelas fundamentadas nos laços comunitários de natureza étnica.

Para Santos (et al., 2014), a Agricultura Familiar se destaca pela diversificação dos produtos, baixo custo, aproveitamento e otimização dos insumos, além da sua capacidade de causar menores danos ao ambiente do que a agricultura convencional. Por ser detentor dos meios de produção, o agricultor familiar procura produzir tanto para a subsistência como para comercialização. Por essa razão, buscou-se discutir as estratégias de produção e comercialização da agricultura familiar na busca de uma maior sustentabilidade.

Embora ocupe cerca de 30% das terras agricultáveis no Brasil, a agricultura familiar é responsável por cerca de 80% dos alimentos produzidos para o abastecimento interno do país (IBGE, 2011). Esses dados evidenciam a relevância dessas famílias agricultoras, que além de contribuírem para a economia local, geram emprego, diversificam a produção e cooperam com ações que acarretam em menores impactos ao ambiente. (PASQUALOTTO et al., 2013, p. 73).

De acordo com Delgado e Bargamasco (2017, p. 88-89), “a contribuição da agricultura familiar para a agropecuária não é pequena, pois 38% do valor da produção e 34% do total das receitas do agro brasileiro advêm deste setor”. Os estabelecimentos não familiares representam 16% do total das unidades, ocupam 76% da área de terra e geram a maior parte do valor da produção (62%) e da receita (66%) - (Tabela 1):

Tabela 1: Caracterização dos estabelecimentos agropecuários no Brasil, segundo a classificação da agricultura familiar/Lei 11326 – Brasil, 2006.

Características	Agricultura Familiar		Agricultura Não-Familiar	
	Nº	%	Nº	%
Número de Estabelecimentos	4.367.902	84%	807.587	16%
Área (milhões de Hectares)	80,3	24%	249,7	76%
Mão-de-obra (milhões de pessoas)	12,3	74%	4,2	26%
Valor da produção (R\$ bilhões)	54,4	38%	89,5	62%
Receita (R\$ bilhões)	41,3	34%	80,5	66%

Fonte: Delgado e Bergamasco (2017 apud FRANÇA, C.G.; DEL GROSSI, M.E.; MARQUES, V. 2009).

Nos últimos anos, a Agricultura Familiar vem ganhando reconhecimento na sociedade e nas políticas públicas, garantindo soberania e segurança alimentar à população brasileira. Essa nova realidade da agricultura brasileira, tomada por uma consciência e preocupação com a acelerada perda da biodiversidade, tem encorajado os movimentos sociais a adotarem práticas sustentáveis como a Agroecologia, contrapondo o modelo de agricultura química dominante. Concordando com Guimarães e Mesquita (2010):

Para contrapor ao modelo de agricultura química, proposto pelo agronegócio, temos o resgate daquilo que os camponeses já desenvolvem desde tempos imemoriais como forma de produzir: a agroecologia. Tendo uma investida dos Movimentos Sociais ligados ao campo, especialmente a Via Campesina, que agrega Movimentos Camponeses de todo o mundo, esse “retorno” a produção característica dos povos camponeses,

traz a inovação pelo acréscimo de técnicas modernas que respeitam o conhecimento tradicional aliando-os aos conhecimentos acadêmicos, formando assim uma “ciência” que trabalha a terra de forma ecológica.(GUIMARÃES; MESQUITA, 2010 p, 12).

Dessa maneira, observando as aplicações práticas da Agroecologia no contexto dos movimentos sociais, nota-se a importância das políticas públicas influenciadas pela Agenda 21 na luta pelo desenvolvimento sustentável no campo, como aponta Oliveira (2012, p. 480): “Não se trata de um acontecimento relegado ao passado: na verdade, a Rio-92 permanece presente na Geopolítica do Desenvolvimento Sustentável [...]”.

[1] O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) foi detectado pela primeira vez no México, há relatos que tal constatação ocorreu há mais de mil anos atrás (Picudo, 1969; Bastos et al., 2005), sendo identificado em 1843 por Boheman. É a praga de maior risco e habilidade para prejudicar a produção de fibras. (INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO – IMAmt, 2015).

[2] Projeto vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Territorial do Ministério do Desenvolvimento Agrário (SDT/MDA), apoiado pelo Fundo Internacional para o Desenvolvimento da Agricultura (Fida) e pelo Global Environment Facility (GEF). (ASP-TA – AGRICULTURA FAMILIAR E AGROECOLOGIA. Experiências em agroecologia. v. 10, n. 3., 2013).

[3] A Esplar é uma organização não governamental, sem fins lucrativos, fundada em 1974, no município de Fortaleza, estado do Ceará. A organização atua diretamente em municípios do semiárido cearense, desenvolvendo atividades para a agroecologia e agricultura familiar. Disponível em: <<https://esplar.com.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Diante das exposições nesse artigo, é importante notar que mesmo os grandes eventos internacionais destinando esforços para um desenvolvimento sustentável ligado a adequação do sistema capitalista ao século XXI – como a Rio-92 – e seus debates perante a relação homem-natureza, surgiram boas iniciativas e soluções para a agricultura sustentável em nível nacional, como é o caso da Agroecologia, que foi “redescoberta”, trazendo um enfoque na agricultura mais relacionado ao meio ambiente e mais sensível socialmente, buscando a produção, mas também a sustentabilidade ecológica.

Conclui-se destacando a necessidade de aprimoramento das discussões sobre a Agroecologia, aliada a trajetória de luta e resistência dos movimentos sociais camponeses, em especial aqueles pertencentes à Agricultura Familiar. Buscando o direcionamento de políticas públicas voltadas para seu desenvolvimento e valorização, reconhecendo seu nível de organização e capacidade de superar o agravamento dos problemas ambientais e sociais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação em Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGENDA 21. Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias. Câmara dos Deputados, Brasília, 1995. Disponível em: < <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

AQUINO, Adriana Maria; ASSIS, Renato Linhares. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF : **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 517 p.

ASP-TA – AGRICULTURA FAMILIAR E AGROECOLOGIA. **Experiências em agroecologia**. v. 10, n. 3., 2013.

AZEVEDO, Letícia Fátima; NETTO, Tatiane Almeida. Agroecologia: O “caminho” para o desenvolvimento sustentável no processo de extensão rural. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 639-645. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/17031/pdf>> Acesso em: 18 jun. 2019.

BEZERRA; VEIGA. **Agricultura sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Museu Emílio Goeldi, Brasília, 2000.

BRAGA, Daniel Palma Perez. Certificação e sistemas agroflorestais. In: RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Piracicaba: Os Autores, 2015. p. 45-62. Disponível em: < http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/Cadernos_Disciplina_SAFs_2013_Montagem.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BRASIL. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 Brasileira: bases para discussão**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

CAPORAL, Francisco Roberto.; COSTABEBER, José Antônio. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. 1.ed. Brasília: MDA/SAF, 2004. v.1. 24 p.

COSTA GOMES, João Carlos; BORBA, Marcos F. Silva. **Limites e possibilidades da Agroecologia como base para sociedades sustentáveis**. Ciência & Ambiente 29. Julho/Dezembro de 2004.

DELGADO, Guilherme Costa; BERGAMASCO, Sônia Maria P. Pereira (orgs.) **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, Roberli Ribeiro; MESQUITA, Helena Angélica. Agroecologia x agronegócio: crises e convivências. **Espaço em Revista**, v. 12, n. 32, p. 1-17, jul/dez. 2010.

HECHT, Susanna B. **La evolución del pensamiento agroecológico**. In: Altieri, M. A. Agroecologia – Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad. 1999.

HELDER, Raimundo F. **Como fazer análise documental**. Porto: Universidade de Algarve, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 jun. 2019.

JALFIM, Felipe et al. “Geração do conhecimento agroecológico a partir da interação entre atores: a experiência do Projeto Dom Helder Camara”. In: **Revista Agriculturas** v.10, n.3, set. 2013, p. 26-34.

JESUS, Eli Lino de. Diferentes abordagens de Agricultura Não-Convencional: História e Filosofia. In: AQUINO, Adriana Maria de; ASSIS, Renato Linhares de (Org.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. P. 21 – 48.

MIRANDA, José Edmilson; RODRIGUES, Sandra M. Morais. História do bicudo no Brasil. **Boletim de P&D - IMAm**. n. 2. p. 9-46. mai., 2015.

MONTEZANO, Eduardo Matos; PEIL, Roberta M. Nogueira. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 129 -132, 2006.

MUTUANDO, Instituto Giramundo. **A cartilha Agroecológica/** Botucatu, SP: Editora Criação Ltda, 2005.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social econômico. In: **Revista Estudos Avançados, Sustentabilidade**, v. 26, n. 74, p. 51-64, São Paulo, maio. 2012. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10624/12366>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

OLIVEIRA, Leandro Dias. Da Eco-92 à Rio+20: uma breve avaliação de duas décadas. **Boletim Campineiro de Geografia**. v. 2, n. 3, p. 479-498, 2012.

PASQUALOTTO, Nayara et al. Agricultura familiar e Agroecologia: um olhar sobre o caminho da juventude rural no sudoeste paranaense. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 8, n. 3, p.72-79, 2013. Disponível em: < <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/13199>> Acesso em: 18 jun. 2019.

RIBEIRO, Raphael Medina ; CLEPS JUNIOR, João . Movimentos Sociais Rurais e a Luta Política Frente ao Modelo de Desenvolvimento do Agronegócio no Brasil. **Campo - Território**, v. 6, p. 75-112, fev. 2011.

ROSSET, Jean Sérgio. et al. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis - SAP** Mal. Cdo. Rondon, v. 13, n. 2, p. 80-94, abr/jun., 2014.

SANTOS, Christiane Fernandes et al., Agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Ambiente & Sociedade**. v. XVII, n. 2, p. 33-52, abr./jun. 2014.

SANTOS, Fernando Passos; CHALUB-MARTINS, Leila. Agroecologia, consumo sustentável e aprendizado coletivo no Brasil. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p.469-483, abr. 2012. Trimestral.

SILVA, Pollyana L. Macedo da Silva. Desenvolvimento sustentável e suas contradições. **Revista Internacional de Ciências**. v. 4, n. 2, p. 107-119. 2014. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/12593/10596>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

WANDERLEY, Maria Nazareth B. “Franja Periférica”, “Pobres do Campo”, “Camponeses”: dilemas da inclusão social e pequenos agricultores familiares. In: DELGADO, G. C.; BERGAMASCO, S. M. P. P. (Eds.). **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. 1. ed. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017

ANÁLISE CONTEXTUAL DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CATALÃO (GO)

Paula Pontes CAIXETA¹; Idelvone Mendes FERREIRA¹
Autor para correspondência: paulapcaixeta@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão - UFG/RC

RESUMO

O presente texto é uma reflexão sobre a contextualização ente a paisagem e o território, buscando compreender a realidade ambiental no município de Catalão (GO), à partir da análise da legislação ambiental vigente e presente no Plano Diretor do Município (2016), através de revisões bibliográficas teórico-conceituais, buscando um embasamento de cunho epistemológico, geográfico e jurídico sobre a temática proposta, quanto aos reflexos da intervenção humana nos ecossistemas naturais e antropizados presentes no território em questão, e as transformações socioespaciais decorrentes desse processo acelerado de intervenção, considerando a necessidade urgente de aprimoramento de uma legislação que possa dar suporte a preservação/manutenção dessas paisagens, como um subsistema socioambiental fundamental no equilíbrio do ecossistema regional num território específico. Através da pesquisa jurídica sistêmica, associada ao conhecimento geográfico e percepção das paisagens, é que pode-se mensurar os níveis de degradação socioambientais, possibilitando indicar meios e medidas que possam amenizar os impactos negativos cada vez mais eminentes, pautando-se no escopo da legislação ambiental e no conhecimento das características socioambientais do território, considerando principalmente o âmbito Municipal, para nele atuar de forma equilibrada. Nesse processo, empregou-se a técnica de leitura e compilação para a estruturação dos resultados/texto, culminando numa reflexão sobre a paisagem socioambiental do município de Catalão frente à realidade paisagística atual, num contexto regional e nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Território; Legislação Ambiental; Catalão (GO)

CONTEXTUAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL LEGISLATION IN THE MUNICIPALITY OF CATALÃO (GO)

ABSTRACT

The present text is a reflection on the contextualisation between the landscape and the territory, seeking to understand the environmental reality in the municipality of Catalão (GO), based on the analysis of the current environmental legislation and present in the Master Plan of the Municipality (2016), through theoretical and conceptual bibliographical references, seeking an epistemological, geographic and juridical base on the proposed theme, as well as the human intervention reflexes in the natural and anthropic ecosystems present in the territory in question, and the socio-spatial transformations resulting from this accelerated process of intervention, considering the urgent need to improve legislation that can support the preservation / maintenance of these landscapes, as a fundamental social and environmental subsystem in the equilibrium of the regional ecosystem in a specific territory. Through systemic juridical research, associated with geographic knowledge and landscape perception, it is possible to measure socioenvironmental levels of degradation, making it possible to indicate means and measures that can mitigate the increasingly imminent negative impacts, according to the scope of legislation environmental and socio-environmental characteristics of the territory, mainly considering the Municipal scope, in order to act in a balanced way. In this process, the technique of reading and compilation was used to structure the results / text, culminating in a reflection on the socio-environmental landscape of the municipality of Catalão, facing the current landscape reality, in a regional and national context.

KEY-WORDS: Territory; Environmental Legislation; Catalão (GO)

INTRODUÇÃO

Considerando a discussão sobre ‘*ambiente*’, que é complexa e necessita de fundamentações conceituais e técnicas, no geral, para dicionaristas, ‘*ambiente*’ é o que cerca ou envolve os seres vivos ou as coisas por todos os lados, por isso, pode-se entender que a expressão ‘*meio ambiente*’ é redundante, visto que os termos ‘*meio*’ e ‘*ambiente*’ significam o entorno, aquilo que envolve algo, o espaço, o recinto, podendo-se, portanto à nosso ver, referir apenas ao termo ambiente, cabendo, assim, o uso mais indicado ser apenas o termo ‘*ambiente*’, diante dessa redundância, considerando que o termo ‘*meio ambiente*’ é excludente aos ambientes antrópicos, que também são componentes do ambiente.

Nesse contexto, ao se analisar uma paisagem, que é complexa e contextual, tem-se que considerar uma série de fatores que estão condicionados a percepção da mesma. Portanto, devem-se considerar os aspectos estéticos e legais que regem as questões socioambientais, sob a ótica da inserção/visão/percepção, considerando que esses fatores são inerentes a cada um dos componentes da paisagem observada, onde o espaço geográfico exerce suas influências regionais e locais de forma dialética. Assim, procurou-se desenvolver esta temática utilizando os diferentes aspectos da legislação ambiental no Brasil, em relação ao ambiente, com foco específico, no entanto, para a efetividade da legislação ambiental no Município de Catalão (GO), principalmente as concernentes ao Plano Diretor Municipal em vigor (2016) e suas normativas decorrentes.

A modernização das técnicas produtivas, como preconiza Santos (2006), em especial aplicadas na área do Brasil Central, aliada a um acréscimo constante de investimentos de capitais subsidiados pelas políticas e programas oficiais e/ou privados, vem propiciando um avanço indiscriminado sobre o ambiente, provocando intensos e variados impactos, com destaque para as diferentes fitofisionomias do Cerrado e seus ambientes biogeográficos, que têm se consubstanciado em uma “opção viável” para as práticas da moderna agropecuária e os processos de urbanização e seus desdobramentos logísticos, em face das extensas áreas agricultáveis, das facilidades de mecanização, clima aparentemente adequado às práticas agropastoris, das facilidades para a incorporação de insumos químicos, do preço das terras, da disponibilidade de “fartos” recursos hídricos na região, proximidade dos centros consumidores, boa rede viária e complexos intermodais de transportes e, ainda, pela forte concentração fundiária, que propiciam transformações nesse território e suas complexas paisagens (RIBEIRO; VALTER, 1998; FERREIRA, 2003 e 2008; MENDES, 2005; MENDONÇA, 2004). Além destes aspectos, acrescenta-se o processo acelerado de urbanização dessas áreas, causando consideráveis alterações em seus aspectos naturais, culturais e científicos/tecnológicos, além da não observância do preconizado no aspecto jurídico, foco principal desta discussão.

Com a degradação acelerada dos ambientes do Cerrado, suas variadas fitofisionomias, e consequente paisagens biogeográficas, têm sido atingidas, não se respeitando o estabelecido pelas normas técnicas e na legislação em vigor, nas quais estão preconizados que as mesmas são áreas de preservação, sejam parcialmente e/ou em suas totalidades, conforme consta da farta legislação ambiental brasileira, como a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente; Resolução 302, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno; Resolução 369, de 28 de março de 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental; a **Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012 – o “novo” Código Florestal Brasileiro**, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa do Brasil; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências; a Lei nº 18.104, de 18 de julho de 2013, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências; e as Leis Municipais nºs 3.439, 3.440 e 3.441, de 08 de dezembro de 2016, que Institui o Plano Diretor de Ordenamento do Território e

Desenvolvimento Sustentável de Catalão, que dispõe sobre Plano de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Instrumentos Urbanísticos e Sistema de Gestão, entre outras legislações pertinentes às questões socioambientais que possam nortear o desenvolvimento da pesquisa no território especificado. Ainda, há que se ressaltar que o contexto histórico-cultural da região não tem sido considerado, visto que as transformações socioculturais têm sido transformadoras nas paisagens vivenciadas pela população humana, desconsiderando as tradições e culturas local/regional, ou seja a cultura ‘cerradeira’ das comunidades regionais.

No contexto histórico de ocupação antrópico da região, mais especificamente no território onde hoje se encontra o município de Catalão (GO), iniciado no Século XVIII, com o avanço das atividades de mineração primitiva e desprovidas de tecnificação por suas paisagens e, posteriormente no Século XX, com a agropecuária extensiva e por uma atividade mineradora altamente tecnificada, atualmente o avanço e desenvolvimento indiscriminado da agropecuária moderna têm priorizado as extensas superfícies aplainadas e/ou intermontanas existentes no Município, em decorrências de suas características geoambientais favoráveis, inclusive para a construção de áreas urbanas, com complexos parques minero-industriais e seus conglomerados comerciais, e seus consequentes impactos decorrentes no ambiente, muitas vezes em inobservância do que preconiza a legislação ambiental, mas muito mais os preceitos éticos e sociais, alterando o território segundo as conveniências do capital explorador e expropriante.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar a efetividade da legislação ambiental, a partir de estudos sistematizados sobre os componentes legais, éticos, socioambientais e culturais presentes nas paisagens do município de Catalão (GO).

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse sentido, buscou-se desenvolver estudos sistematizados sobre os componentes legais, éticos, socioambientais e culturais presentes nas paisagens do município de Catalão (GO), no sentido de entender a efetividade da legislação ambiental para a garantia de sua preservação, segundo os ditames da legislação vigente, tendo a Ciência Geográfica como base teórico-metodológica.

Através de uma pesquisa jurídica sistêmica, associada ao conhecimento geográfico pautado na percepção das paisagens, é que se poderá mensurar os níveis de degradação socioambientais já detectados e percepção de possíveis impactos futuros, possibilitando indicar meios e medidas que possam amenizar os impactos negativos, e até mesmo os positivos, cada vez mais eminentes, pautando-se no escopo da legislação ambiental, na ética social, no uso de técnicas responsáveis e no conhecimento das características socioambientais do território, considerando-se as três esferas de atuação: Federal, Estadual e, principalmente, a Municipal, para nele atuar de forma ética, técnica, equilibrada e responsável, visando a sobrevivência biótica, social, cultural de uma coletividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No geral, em Geografia faz-se necessário a delimitação do espaço, uma vez que não é possível abrange-lo por completo. Diante disto, o presente texto buscou abranger os estudos sobre o município de Catalão (GO), e suas diferentes paisagens geográficas, pautando-se no escopo jurídico/legal e no conhecimento geográfico, considerando-se a importância regional desse Município e suas particularidades socioambientais e culturais, no contexto do atual Plano Diretor Municipal, aprovado em 2016.

O território em foco, o município de Catalão (GO), constitui-se de uma área com aproximadamente 3.777 km² localizado na região Sudeste do Estado de Goiás, na porção Central do Brasil (Figura 1), ocupada por diferentes e complexos sistemas biogeográficos, sob influência de uma cultura ‘cerradeira’ e de escopo minero-agrária (MENDONÇA, 2004; TOMAZ JUNIOR, 2017) que vem passando por um processo acelerado de aculturação pelas práticas da globalização, e sofrendo transformações sociais, culturais e econômicas, consequentemente reorganização socioambiental, que tem alterado as paisagens locais e reconfigurando socioculturalmente o seu território no contexto nacional e global.

Figura 1 – Localização geográfica do Município de Catalão (GO)

Neste contexto, com a expansão da política agrícola nacional, seja ela pública e/ou privada, toda essa região onde se localiza o município de Catalão vem sofrendo grandes transformações socioespaciais, econômicas, ambientais e culturais, interferindo conseqüentemente nos ecossistemas, especialmente nos sistemas bióticos e hídricos locais e/ou regionais, bem como nas ações socioculturais dos sujeitos que aqui atuam. Diante disto, faz-se necessário um estudo detalhado, quanto aos reflexos das intervenções humanas nesses ecossistemas, mais especificamente nas complexas paisagens do Cerrado, e as conseqüentes transformações espaciais decorrentes desse processo acelerado de intervenção, considerando a necessidade urgente da aplicabilidade de uma legislação que possa dar maior suporte a preservação/manutenção dessas paisagens, como um subsistema ecobiótico fundamental no equilíbrio do ecossistema regional, sendo, portanto, a Legislação Ambiental e a conseqüente percepção das paisagens por esses atores atuantes nesse processo um suporte fundamental para esse intento. Se essa percepção, quanto à importância da manutenção desses complexos biogeográficos regionais, não for percebida por esses atores, muito em breve esse “teatro territorial” regional estará fadado à exaustão ambiental, deixando de atender aos anseios dessa sociedade humana irresponsável e exploradora.

Nesse processo perceptivo, se é que pode ser considerado assim, o território é o recorte espacial definido por relações de apropriação desses bens naturais, poder e de controle sobre recursos e fluxos baseados em aspectos políticos, econômicos e culturais. Assim, o território está relacionado com o poder, em qualquer acepção, e não apenas com o poder político. Ele diz respeito tanto ao poder, no sentido mais explícito, de dominação, quanto ao poder no sentido mais implícito ou simbólico, de apropriação. (HAESBAERT, 2014), sendo que a apropriação cultural é a mais perniciosa. A partir dessa dominação, as demais ações são meramente conseqüências socioambientais.

O PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE CATALÃO (GO) – 2016: E LEGISLAÇÕES CORRELATAS

Devido a sua vasta extensão territorial, posição geográfica, configuração geomórfica, heterogeneidade vegetal do Cerrado e por ser responsável pelas nascentes de importantes nascentes de bacias hidrográficas, a região Sudeste de Goiás se destaca no contexto regional e nacional, possuindo uma estrutura estético paisagística que a sobressai dos demais territórios socioculturais da Macrorregião.

Dentre as diferentes fisionomias que compõem a paisagem, algumas se destacam por diferentes particularidades, em especial as paisagens que foram antropizadas para a constituição de diferentes aspectos que compõem o município de Catalão (GO), que, além do significado ecológico, possui um papel socioeconômico e estético-paisagístico que lhe confere importância regional (FERREIRA, 2003 e 2008; MENDES, 2005; GOMES, 1988; CARLOS, 1996), considerando ainda que “Cada lugar é, ao mesmo tempo, objeto de uma razão global e de uma razão local, convivendo dialeticamente” (SANTOS, 1997, p. 273).

No contexto jurídico, no Brasil, a Constituição Federal de 1988, no Capítulo VI, em seu Artigo 225, trata os aspectos concernentes “*Do Meio Ambiente*”, bem como em outros temas considerados transversais para a temática. Mais especificamente, a definição legal para “meio ambiente” se encontra no Artigo 3º, alínea I, da Lei 6.938/1981, que pontifica que o ambiente é “O conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química, e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.”

Considerando o aspecto municipal, com base em revisão de literatura pertinente as paisagens jurídicas do município de Catalão (GO), observando-se os aspectos quanto à efetividade da legislação ambiental municipal, em relação ao estabelecido pelos demais entes da Federação, como o Estado de Goiás e Brasil, tendo como referência o atual Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Catalão, através da Lei Complementar 3.439, de 08 de dezembro de 2016, no “*TÍTULO IV - DOS SISTEMAS DE GESTÃO DO*

ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO, em seu *CAPÍTULO I – Do Sistema Ambiental do Município*”, onde está preconizado:

Art. 39 - Os sistemas de ordenamento do território têm por objetivo estruturar, de forma sustentável, diretrizes a fim de proporcionar a melhoria da qualidade de vida no Município, a redução das desigualdades sociais e a diminuição das vulnerabilidades sociais e ambientais.

Parágrafo Único - Os sistemas referidos no *caput* deste artigo são formados por:

I – Sistema Municipal de Meio Ambiente - SISMUMA;

II – Sistema Municipal de Saneamento - SISMUSA;

III – Sistema Municipal de Mobilidade - SISMUM;

IV – Sistema Municipal de Gestão Urbana - SISMUG;

V – Sistema Municipal de Habitação Social - SISMUHS;

VI – Sistema Municipal de Equipamentos Urbanos, Comunitários e Sociais - SISMEUCS;

VII – Sistema Municipal de Informação - SISMUI.

(CATALÃO, LEI 3.439/2016).

Mais especificamente, no *CAPÍTULO I - DO SISTEMA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE*, está estabelecido sobre o Sistema Municipal do Meio Ambiente:

Art. 40 - O Sistema Municipal do Meio Ambiente (SISMUMA) regula o funcionamento do órgão ambiental municipal, do Conselho Municipal do Meio Ambiente e do Fundo Municipal do Meio Ambiente, na forma da Resolução CONAMA 237/97 e Resolução 69/06 do Conselho Estadual do Meio Ambiente. O SISMUMA deve ser regulamentado por novo Código Ambiental Municipal, no prazo de 180 dias a partir da aprovação desta lei, tratando da estrutura da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, do Conselho Municipal de Meio Ambiente e do Fundo Municipal do Meio Ambiente, além de estabelecer minimamente os seguintes Programas:

I – Programa Municipal de Gestão de Áreas Verdes;

II – Programa Municipal de Monitoramento da Qualidade do Ar;

III – Programa Municipal de Gestão de Recursos Hídricos;

IV – Programa Municipal de Educação Ambiental;

V – Programa Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos;

1º - O Município deverá elaborar, aprovar e implementar estes instrumentos no prazo máximo de 180 dias, a partir da vigência desta Lei.

2º - O Poder Executivo Municipal fica obrigado a destinar semestralmente, a partir da vigência desta Lei Complementar, o valor auferido pelo repasse Estadual do ICMS ecológico ao Fundo Municipal do Meio Ambiente, para desenvolvimento dos programas listados nos incisos do *caput* deste artigo, bem como para realização tanto de ações vinculadas à proteção das áreas verdes municipais e áreas de preservação permanente quanto de criação e manutenção de unidades de conservação municipal. (CATALÃO, LEI 3.439/2016).

Assim, a partir dessa estrutura, pode-se afirmar que a viabilidade jurídica e a efetiva implementação da estrutura proposta pelos legisladores municipais no Plano Diretor do Município (2016), levando-se em consideração o preconizado na legislação ambiental em nível do Estado e Brasil, é viável e pode ser implementada, segundo os diferentes interesses administrativos, cabendo uma melhor estruturação dessa legislação por meio da implementação dos Programas previstos e necessários para consecução de uma Política Ambiental no Município, mais consistente, inovadora e responsável.

Verifica-se que, conforme disposição legal, o Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA) deve ser regulamentado por novo Código Ambiental Municipal, o qual também deve regulamentar os Programas Municipais de Gestão de Áreas Verdes; de Monitoramento da Qualidade do Ar; de Gestão de Recursos Hídricos; de Educação Ambiental; de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos. No entanto, até o presente momento o estabelecido no Artigo 40, da Lei Complementar 3.439, de 08 de dezembro de 2016, não foi regulamentado pelo Código Ambiental Municipal, mas o mesmo encontra-se em processo de elaboração.

Desse modo, aplica-se as legislações ambientais esparsas do Município, bem como as Legislações Estaduais e suas Resoluções, no caso específico, principalmente as Resoluções CONAMA 237/1997 referente ao Licenciamento Ambiental, do Conselho Estadual do Meio Ambiente, bem como as Legislações Federais correlatas.

Em âmbito Municipal, com fundamento na Lei 845/1990, ou seja, a Lei Orgânica do Município de Catalão, foram criadas a Instrução Normativa SEMMAC nº 001, de 30 de março de 2016, a qual dispõe em seu Artigo 1º:

Art. 1º - A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão – SEMMAC – tem seu organograma constituído pelos seguintes Departamentos:

I - Gabinete do Secretário;

II - Assessoria do Gabinete;

III - Assessoria Jurídica;

IV - Assessoria Administrativa;

V – Setor de Protocolo;

VI - Licenciamento Ambiental;

VII - Fiscalização Ambiental;

VIII - Monitoramento Ambiental;

IX - Educação Ambiental;

X - Qualidade Ambiental;

XI – Projetos;

XII - Gestão do Aterro Sanitário;

XIII - Gestão do Viveiro de Mudas Nativas;

XIV - Centro de Triagem de Animais Silvestres – CETAS;

XV – Cadastro Ambiental Rural;

XV – Geoprocessamento.

(CATALÃO, IN 001/2016).

Há vigência também da Instrução Normativa SEMMAC nº 002/2016, de 23 de maio de 2016, a qual insere procedimentos correlatos ao Licenciamento Ambiental Municipal. Nesse contexto, a Instrução Normativa SEMMAC nº 001, de 02 de fevereiro de 2015, que regulamenta sobre a exigibilidade da reposição florestal, no caso de supressão vegetal em áreas urbanas e rurais no Município. Bem como, as Portarias internas elaboradas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente. E, a Instrução Normativa 001, de 02 de outubro de 2014, referente ao Licenciamento Ambiental de Loteamentos.

Ainda, tem-se também a Instrução Normativa 003, de 16 de julho de 2018, que Dispõe sobre o Plano de Arborização Urbana do município de Catalão (GO) e estabelece normas decorrentes, que resultou no livro “Tratado sobre Arborização Urbana no Município de Catalão”, em observância a Lei Municipal 3.439/2016 – Plano Diretor do Município de Catalão e legislação correlata.

Com relação as infrações ambientais e respectivos Processos Administrativos Ambientais, aplica-se principalmente o Decreto Municipal nº 1.820-A/2014, o Decreto Federal nº 6.514/2008, e a Lei Federal nº 9.605/1998, para fundamentação legal sem excluir o aglomerado de legislações esparsas, sejam municipais, estaduais e federais, a depender do caso concreto.

Ressalta-se que nenhuma das legislações mencionadas anteriormente podem confrontar o atual Plano Diretor vigente, Lei Municipal 3.439/2016, e as Leis Municipais 3.440/2016, sobre o parcelamento do solo, e 3.441/2016, sobre uso e ocupação do solo, que o complementa.

Na atual contextualização, os processos de ocupação antrópica praticamente degradaram e continuam degradando o ambiente, principalmente quanto aos seus aspectos paisagísticos originais, culturais e territoriais. A produção desse espaço decorre dos processos esmagadores/expropriadores do sistema capitalista, com suas estruturas políticas quase sempre arcaicas, corruptíveis e subservientes, em detrimento de uma legislação Brasileira mais subserviente ainda ao sistema socioeconômico vigente e aos interesses do capital global, sendo desprovida de planejamentos técnicos, estratégicos e responsáveis. No caso, no município de Catalão, faltam a implementação de mais programas estratégicos de planejamento administrativo para a dinamização das políticas e programas socioambientais, como o já estabelecido na legislação, visando a uma percepção mais qualificada das diferentes populações usuárias desse território, e as consequentes paisagens vivenciadas.

Decorrente dessa extensão, os governantes brasileiros se viram obrigados a criar áreas de proteção, através dos Parques Nacionais, Estaduais e/ou Municipais, ou áreas de interesse ambiental, como formas de se tentar preservar alguns aspectos dos diferentes biomas ou alguns aspectos de relevância estético-paisagísticas, criando territórios específicos para a preservação de determinados ecossistemas/paisagens. Contudo, não se vê muito progresso nisso, diante das dificuldades do reconhecimento de um Código Florestal e/ou legislação ambiental pensada e gerida com base em aspectos científicos, éticos e responsáveis, conjugado com um Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001) e o Plano Diretor Municipal, que ainda não cumpre seu papel efetivo na preservação das paisagens naturais e suas paisagens biogeográficas em detrimento dos processos de urbanização que degradam o território sociocultural, como no caso do município de Catalão.

Nesse contexto, as visões/percepções jurídicas, técnicas e éticas dessas paisagens são variadas e representam as experiências de vida de cada um, reflexos de seus contextos socioculturais, uma vez que as pessoas somam experiências passadas, presentes e, provavelmente, futuras na construção e interpretação do meio onde vivem ou sobrevivem. Chama-nos a atenção o fato de o cidadão local ter, geralmente, uma percepção mais evidenciada e completa do ambiente onde vive, pautada em suas necessidades e experiências vividas. Nesse contexto, para esse sujeito, a paisagem está presente em sua vivência cotidiana, faz parte de sua vida e de suas lembranças, visto que dela depende vários aspectos de sua vida cotidiana. (AMADO, 2017).

Para os técnicos e/ou acadêmicos, de um modo geral, teoricamente com um nível de conhecimento mais elaborado, a conceituação/percepção é vista segundo terminologias técnicas, geralmente não conseguindo expressar a vivência/experiência cotidiana do ambiente, obtida sem a preocupação com sua mensuração e com a perpetuação da paisagem em sua vivência, decorrente do fato de os mesmos não mais estarem convivendo, na maioria das vezes, diariamente com o ambiente de vivência cotidiana. Aparentemente, quando uma paisagem vivenciada é alterada mais intensamente, não se perde apenas um lugar, mas uma parte ou um todo das lembranças, afetando a continuidade da vida do indivíduo, o que se pode chamar de 'desconstrução de uma paisagem vivenciada', passando a um espaço construído, como no caso de construções de grandes lagos para geração de energia, que afoga as paisagens de vivências de sujeitos que ali experienciavam e percebiam paisagens em seus diferentes aspectos bucólicos.

Tipificar juridicamente as consequências das interferências do homem nessas paisagens, ainda é um ***caminho estreito***, uma vez que o espaço temporal é curto, considerando que a intervenção, de fato, começou a ocorrer no final da década de 1980, com a implantação da Constituição Federal do Brasil de 1988, que trouxe um novo escopo perceptivo para a questão ambiental e social no Brasil, consequentemente para o Estado de Goiás e para o município de Catalão.

As transformações que vêm ocorrendo na sociedade humana moderna decorrem das modificações nesses espaços produzidos pelo sistema socioeconômico dominante. Nesse sentido, Carlos (1996), afirma que o processo de reprodução envolve a produção da vida material em seu sentido amplo, em cada momento histórico surgem novas perspectivas para sua realização. Afirma ainda que:

[...] a unificação das trocas não é um fenômeno meramente econômico ou mesmo político, posto que o capitalismo se modifica mudando o mundo, reproduzindo constantemente novos valores, uma cultura, comportamentos, desejos, etc., a partir de uma rede sempre mais complexa de trocas, estabelecendo a predominância do espaço sobre o tempo. (CARLOS, 1996, p. 105-106).

Isto nos mostra o quanto são desiguais e contraditórios esses processos de intervenção no espaço geográfico, o espaço de vivência e sobrevivência de diferentes sujeitos e sociedades e suas respectivas experiências de vida. O espaço tem uma monumentalidade que pode ser entendida como elemento revelador da história de um determinado lugar, produzindo, como consequência, "novos" conceitos, novas vivências e novas formas de sobreviver dos sujeitos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Na atualidade, os processos de ocupação antrópica praticamente degradaram e continuam degradando os diferentes territórios estabelecidos como espaços de atuação socioeconômicas das sociedades humanas, principalmente quanto aos seus aspectos culturais, em detrimento das necessidades ambientais do ecossistema terrestre. A produção desses espaços decorre dos processos esmagadores do sistema socioeconômico vigente, com suas estruturas políticas, em sua grande maioria, arcaicas, corruptíveis e subservientes, em detrimento de uma legislação Brasileira mais subserviente ainda ao sistema social vigente e aos interesses do capital, sendo desprovida de planejamentos estratégicos responsáveis, visando o conforto socioambiental da coletividade.

Nesse contexto, as visões/percepções geográficas e jurídicas dessas paisagens são variadas e representam as experiências de vida de cada um, reflexos de seus contextos culturais e éticos, uma vez que as pessoas somam experiências passadas, presentes e, provavelmente, futuras na construção e interpretação das paisagens onde vivem ou sobrevivem, ou seja, seus territórios de vivências, dominação e exploração. Chama-nos a atenção o fato de o cidadão local, no geral, ter uma percepção mais evidenciada e completa do ambiente onde vive, decorrente de percepções vividas e experienciadas nos seus cotidianos de vida. Geralmente, para esse sujeito, a paisagem está presente em sua vivência cotidiana, faz parte de sua vida e de suas lembranças, visto que dela depende vários aspectos de sua vida cotidiana, com perspectivas de continuar vivenciando no futuro.

Geralmente, para os técnicos, teoricamente com um nível de conhecimento mais elaborado, a conceituação/percepção é vista segundo terminologias técnicas, geralmente não conseguindo expressar a vivências cotidianas do ambiente, de suas experimentações de vivências cotidianas, obtidas sem a devida preocupação quanto à perpetuação das paisagens em sua vivência, decorrente do fato de os mesmos não mais estarem convivendo, na maioria das vezes, diariamente com as paisagens de vivência cotidiana. Aparentemente, quando uma paisagem vivenciada é alterada, conforme experiência Ferreira (2003), não se perde apenas um lugar, mas uma parte ou um todo das lembranças, afetando a continuidade da vida do indivíduo, o que se pode chamar de desconstrução de uma paisagem vivenciada, passando a um espaço construído – novas paisagens, continuidade de uma vivência sob novas percepções experimentadas no novo ambiente social.

Assim, tipificar tecnicamente/juridicamente as consequências das interferências do homem nessas paisagens, ainda é um ***caminho estreito***, uma vez que o espaço temporal é curto, considerando que a intervenção, de fato, começou a ocorrer no final da década de 1970, com o redimensionamento das políticas de ocupação do território do Cerrado e suas diferentes paisagens, chegando até o município de Catalão (GO).

Nesse contexto, afirma-se que as transformações que vêm ocorrendo na sociedade humana moderna decorrem das modificações no espaço produzido pelos sistemas socioeconômicos dominantes. Nesse contexto, pode-se concordar com Carlos (1996), quando afirma que o processo de reprodução envolve a produção da vida material em seu sentido amplo, em cada momento histórico surgem novas perspectivas para sua realização. A partir de uma rede sempre mais complexa de trocas, estabelecendo a predominância do espaço sobre o tempo. Ainda vê-se que as transformações socioculturais tecnificadas predominam sobre as paisagens naturais, transformando os indivíduos/sujeitos e suas paisagens de vivências, refletindo em suas ações de seu cotidiano.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o campo da pesquisa não se encerrará aqui, pelo contrário, abre-se um leque de informações e/ou reflexões que possibilitarão novas propostas e continuidade de trabalhos, cujos objetivos são garantir a sobrevivência do que ainda resta de paisagens equilibradas, capazes de garantir a sobrevivência socioambiental do homem em seus diferentes territórios de forma ética e responsável.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão-UFG/RC, Programa de Pós-Graduação em Geografia - RC/UFG. E, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABRÃO, L. R. do E. S. **O processo de espacialização das desigualdades sociais: uma abordagem histórico-geográfica e jurídica dos programas assistenciais no município de Catalão (GO)**. 2011. 198 f. (Mestrado em Geografia) - Regional Catalão, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2011.

AMADO, F. **Direito Ambiental**. 8. ed. Salvador: Juspodivm, 2017.

ARRAIS. T. A. A cidade e a região/a cidade-região: reconhecer processos, construir políticas. **Cadernos Metrôpole**, 20. p. 81-91. Goiânia. 2º Semestre de 2008.

BARBOSA, A. S. **Sistema Biogeográfico do Cerrado**: alguns elementos para sua caracterização. Goiânia: Ed. UCG, 1996.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13. São Paulo, 1971. p. 1-17. São Paulo: USP, 1971.

BRASIL. **Lei 10.257/2001** - Estatuto da Cidade. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008.

_____. Presidência da República. Casa Civil. **LEI 12.651**, de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União em 28 de maio de 2005.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO nº 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente**. Publicada no Diário Oficial da União em 13 de maio de 2002, Seção I, p. 68.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO nº 369, de 28 de março de 2006. **Dispõe sobre os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente**. Publicada no Diário Oficial da União em 29 de março de 2006, Seção I, p. 150-151.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO nº 302, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno**. Publicada no Diário Oficial da União em 13 de maio de 2002, Seção I, p. 67-68.

_____. Casa Civil. **LEI Nº 10.257, de 10 de julho DE 2001**. Regulamenta os Artigos. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União em 11 de julho de 2001.

_____. **Constituição 1988**: Texto constitucional de 5 de outubro de 1988 com alterações. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000.

CAIXETA, P. P.; FERREIRA, I. M. Contextualização entre paisagem e território no Plano Diretor do Município de Catalão (GO). In: I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão do Território. **Anais...** Londrina (PR), 08-11 de outubro de 2018. p. 1333-1343.

CARLOS, A. F. A. **O lugar no/do mundo**. São Paulo: Hucitec, 1996. 150 p.

CATALÃO. Gabinete do Prefeito. **LEI COMPLEMENTAR Nº 3.439**, de 08 de dezembro de 2016. Institui o Plano Diretor de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Sustentável de Catalão, que dispõe sobre o Plano de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Instrumentos Urbanísticos e Sistema de Gestão. Catalão: Gabinete do Prefeito, 2016.

_____. **LEI COMPLEMENTAR Nº 3.440**, de 08 de dezembro de 2016. Estabelece Normas e condições para Parcelamento do Solo no Município de Catalão/GO. Catalão: Gabinete do Prefeito, 2016.

_____. **LEI COMPLEMENTAR Nº 3.441**, de 08 de dezembro de 2016. Estabelece Normas e condições para Uso e Ocupação do Solo no Município de Catalão/GO. Catalão: Gabinete do Prefeito, 2016.

CHAVES, M. R. **Descentralização da política ambiental no Brasil e a gestão dos recursos naturais no Cerrado Goiano**. 2003. 185 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003.

DELGADO MAHECHA, O. **Debates sobre el espacio em la geografía contemporánea**. Bogotá: Universidade Nacional de Colombia, 2013.

FERREIRA, I. M. et al. **Tratado sobre arborização urbana no município de Catalão (GO)**. Catalão: NEPSA-UFG/Gráfica e Editora Modelo, 2019.

FERREIRA, I. M. Paisagens do Cerrado: um estudo do subsistema de Veredas. In: GOMES, H. (Org.). **O Universo do Cerrado**. Goiânia: Ed. UCG, 2008. p. 165-230. V. I.

_____. **O afogar das Veredas**: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO). 2003. 242f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003.

FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA-WWF. **De grão em grão o Cerrado perde espaço**. Impactos do processo de ocupação. Brasília: WWF/Fundação PRÓ-CERRADO, 1995.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Casa Civil. Lei 18.104, de 18 de julho de 2013. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências**. Publicada no Diário Oficial do Estado em 23 de julho de 2013.

_____. Decreto nº 4.593, de 13 de novembro de 1995. **Dispões sobre a Política Florestal do Estado de Goiás**. Diário Oficial do Estado de Goiás, a. 159, n. 17.315, p. 01-12. Goiânia: Diário Oficial, 17 de novembro de 1995.

GOMES, H. A questão ambiental: idealismo e realismo ecológico. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia. V. 7/8, n. 1 e 2, p. 95-115. Jan/dez. 1988.

HAESBAERD, R. Região, diversidade territorial e globalização. **GEOgraphia**. Ano 1, n. 1. 1999. p. 15-39.

HARVEY, D. **Para entender O Capital**. Tradução de Rubens Ederle. São Paulo: Boitempo, 2013.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 12 ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2004.

MARTINS SILVA, J.; MENDES, E. de P. P. **A agricultura familiar no Cerrado**: a comunidade Cruzeiro dos Martírios no município de Catalão (GO). 2008. 17 f. Relatório de Iniciação Científica - PIBIC (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Campus Catalão, 2008.

MENDES, E. de P. P. **A produção rural familiar em Goiás**: as comunidades rurais no município de Catalão. 2005. 294 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

MENDONÇA, M. R. **A urdidura espacial do capital e do trabalho no Cerrado do Sudeste Goiano**. 2004. 457 f. (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.

NIEBUHR, P. de M. **Processo Administrativo Ambiental**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2014.

ORTÊNCIO, W. B. **Dicionário do Brasil Central** – Subsídios à Filologia. São Paulo: Ática, 1983.

PHILIPPI JR, A.; ALVES, A. C. (Edits.). **Curso Interdisciplinar de Direito Ambiental**. Barueri: Manole, 2005.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p. 89-166.

RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental Esquemático**. 5. ed. São Paulo : Saraiva Jur, 2018.

ROSA, J. G. **Grande sertão**: veredas, 36. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de.; RIBEIRO, J. F. (Edit.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008.

SANTOS, M. **A Natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2006.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. 5. ed. Rio Claro: Divisa, 2002.

TOMAZ JUNIOR, A. Degradação sistêmica do trabalho no Agrohidronegócio. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, p. 1-15, 2017.

WALTER, B. M. T.; CARVALHO, A. M. de, RIBEIRO, J. F. O conceito de Savana e de seu componente Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de.; RIBEIRO, J. F. (Edit.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008. p. 20-45.

QUANTIFICAÇÃO DO POTENCIAL E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DA SOJA NA ESCALA DE PROPRIEDADE AGRÍCOLA NO OESTE BAIANO

Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva¹; Izael Martins Fattori Júnior¹; Stefany Amanda Quilles Fava¹; Fábio Ricardo Marin¹
Autor para correspondência: ehfmsilva@usp.br

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP)

RESUMO

A garantia da segurança alimentar global é um dos grandes desafios da humanidade para as próximas décadas. O aumento populacional do planeta em cerca de 2 bilhões de pessoas é um dos grandes desafios das políticas internacionais para garantir a segurança alimentar. A cultura da soja gera mais de 60% de toda a proteína alimentar de origem vegetal produzida mundialmente. O Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor de soja (*Glycine max* L.) do mundo. No entanto, o potencial produtivo dessa cultura é ainda pouco conhecido no sistema de produção brasileiro. Não há na literatura, ainda, nenhum estudo sobre a eficiência produtividade da soja na escala de uma propriedade agrícola em ambiente tropical. O presente estudo teve como objetivo propor um estudo de caso para quantificar a eficiência produtiva de talhões de soja de uma fazenda no Oeste baiano e para tanto simulou-se a produtividade potencial (Y_p) e atingível (Y_w) em escala de talhão com o modelo DSSAT/CROPGRO-SOYBEAN calibrado para o grupo de maturação relativa 8.0. As simulações serviram para calcular o yield gap e a eficiência de produção dos talhões. O banco de dados oferecidos pela propriedade agrícola contava com informações quanto as datas de plantio, produtividades, solo e dados meteorológicos. Observou-se altos coeficientes de variação (40-60%) entre as safras, indicando alta instabilidade climática. A eficiência média calculada foi de 77%, e o yield gap médio entre a produtividade atingível (Y_w) e a produtividade real (Y_a) foi de 815 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: produtividade atingível; segurança alimentar; modelagem agrícola

POTENTIAL YIELD AND YIELD GAP OF SOYBEAN AT ON-FARM SCALE IN THE WEST OF BAHIA

ABSTRACT

Ensuring global food security is one of humanity's most significant challenges for the coming decades. The population increase of the planet by about 2 billion people is one of the considerable difficulties of international policies to ensure food security. Soybeans generate more than 60% of all plant protein produced worldwide. Brazil is the largest exporter and the second largest producer of soybeans (*Glycine max* L.) in the world. However, the productive potential of this crop is still little known in the Brazilian production system. There is no literature on the efficiency of soybean yield on the scale of agricultural property in a tropical environment. The present study had the objective of proposing a case study to quantify the productive efficiency of soybean blocks of a farm in the West of Bahia and for that, it was simulated the potential yield (Y_p) and attainable (Y_w) in field scale with the model DSSAT / CROPGRO-SOYBEAN calibrated for the relative maturation group 8.0. The simulations were used to calculate the yield gap and the production efficiency of the plots. The database offered by the farm had information on planting dates, yields, soil, and meteorological data. It was observed high coefficients of variation (40-60%) between the harvests, indicating high climatic instability. The calculated average efficiency was 77%, and the average yield gap between attainable yield (Y_w) and real yield (Y_a) was 815 kg ha⁻¹.

KEY-WORDS: attainable yield; food security; crop models

INTRODUÇÃO

Nas próximas décadas, estima-se que o incremento populacional deverá ser de dois a três bilhões de pessoas até 2050 (FOLEY, 2011; GODFRAY et al., 2010) e a elevação da renda impactará em aspectos relacionados às escolhas de consumo. Além disso, estima-se que os países em desenvolvimento concentrarão as maiores elevações de renda per capita, onde o consumo de calorias e proteínas ainda é baixo (FAO, 2016). Foley (2011) alerta para a necessidade do aumento da produção de grãos para atender a demanda futura por proteína de origem animal, sendo a soja (*Glycine max* L.) o principal insumo proteico (SILVA, 2014). Para fazer frente a tais desafios, as projeções indicam que a produção agrícola precisará ser elevada em 60% até 2050 (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012; LOBELL; CASSMAN; FIELD, 2009).

Na década passada, pouco se discutia sobre a necessidade de elevação da produtividade agrícola em escala global. Ao contrário, simulações com modelos computacionais de equilíbrio geral projetavam a manutenção ou mesmo a queda de preços agrícolas (VAN ITTERSUM et al., 2013). Atualmente, vê-se uma notável mudança dessa percepção, com um aparente consenso de que a manutenção do modelo agrícola atual pode acarretar um aumento dramático dos preços de alimentos, da pobreza e da fome no mundo. Nesse sentido, Marin et al. (2016) sugerem a intensificação da agricultura como uma necessidade premente para que esse cenário não se confirme.

Segundo dados da USDA (2017) o farelo de soja representou, em média, nas últimas cinco safras, o equivalente a 69% de toda a proteína de origem vegetal produzida mundialmente; sendo o Brasil o segundo maior produtor e o maior exportador mundial. Estudos recentes apontam que é ainda possível elevar a produção na área atualmente disponível. Nos Estados Unidos, experimentos conduzidos em condições de produção potencial encontraram ganhos de produtividade de até 3 Mg ha⁻¹ (GRASSINI et al., 2015) e na Argentina incrementos de até 900 kg ha⁻¹.

Uma das contribuições mais relevantes da pesquisa científica para a intensificação do sistema produtivo da soja no Brasil passa pela identificação do potencial de incremento produtivo, em condições sustentáveis. O hiato (ou a razão) entre a produtividade atual (Y_a), observada em condições operacionais, e a produtividade potencial (Y_p) (ou produtividade atingível limitada apenas por deficiência hídrica - Y_w) é um robusto indicador quantitativo que tem sido utilizado nesse tipo de análise (LOBELL; CASSMAN; FIELD, 2009). A aplicação do conceito da eficiência de produção agrícola para a escala de fazendas de soja no Brasil pode fundamentar importantes ferramentas de gestão agrícola.

A produtividade média das lavouras de soja no Brasil está em torno de 3,0 t ha⁻¹, bastante aquém daquelas alcançadas nos concursos de produtividade, que ultrapassam 8 t ha⁻¹ (CESB, 2017). Isto revela que a cultura da soja no Brasil ainda possui grande potencial a ser explorado, e que o nível de eficiência produtiva (ou do *yield-gap*) dos sojicultores brasileiros ainda não é conhecido.

Aliado a intensificação produtiva, o Brasil ainda conta com a possibilidade de expansão de áreas na região compreendida pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA). Essa região é a maior área de fronteira agrícola do mundo (FAO, 2016) e ainda apresenta produtividade média de soja abaixo da média nacional com possibilidade de incremento (BUAINAIN; GARCIA; VIEIRA FILHO, 2017; IBGE, 2016). O presente trabalho propõe um estudo de caso: avaliar a eficiência produtiva da soja tropical em talhões agrícolas de uma fazenda comercial de alta tecnologia na região do Oeste da Bahia.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente estudo tem como objetivo quantificar e eficiência produtiva de talhões de uma fazenda comercial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados de campo

Um banco de dados, na escala de talhões (≈ 215 ha), para três safras (2015-2018) de uma propriedade agrícola comercial de alta tecnologia ? localizada no município de Riachão das Neves, BA ($11^{\circ} 44' 46''$ S e $44^{\circ} 54' 36''$ W) ? foi disponibilizado, contendo: (i) produtividade atingível; (ii) data de semeadura e colheita; (iii) material genético cultivado; (iv) análise química e física do solo; e (iii) dados meteorológicos.

Os cinco talhões disponibilizados são adjacentes e somam uma área de 1.060,15 ha, com onze anos consecutivos de produção de soja em regime de sequeiro. As últimas três safras foram cultivadas com a cultivar M8349 IPRO nos cinco talhões.

Modelagem e parametrização

O modelo utilizado foi o CROPGRO *Soybean*, parte da plataforma *Decision Support System for Agrotechnology* (DSSAT). O modelo foi parametrizado para o grupo de maturação relativa 8.0 (SILVA, 2018).

Os parâmetros de solo necessários para a simulação foram construídos com parâmetros físico-hídricos de um Latossolo Amarelo distrófico obtidos na plataforma WISE (*World Inventory of Soil Emission Potentials*). A diferenciação dos dados de entrada, para cada talhão, foi feita por meio de ajustes nos teores de areia, silte, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC) obtidos para cada unidade.

Os dados meteorológicos utilizados nas simulações foram coletados na estação meteorológica *in situ*, sendo: (i) radiação solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) e (ii) temperaturas mínima e máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$). Os dados de precipitação pluvial foram coletados ao longo da safra para cada talhão.

Quantificação da eficiência produtiva

As estimativas de Y_a e Y_w dos talhões seguiu o padrão proposto pelo projeto Global Yield Gap Atlas (GRASSINI et al., 2015). Para a determinação da eficiência dos talhões foi utilizada a equação 1 e o *yield gap* (Y_g) foi obtido pela equação 2.

$$E_f = Y_a/Y_w \quad (1)$$

$$Y_g = Y_w - Y_a \quad (2)$$

em que Y_a é produtividade atual alcançada nos talhões da propriedade agrícola sob condições operacionais normais; Y_w representa a atingível a qual é obtida por um genótipo adaptado sob condições reais de cultivo favoráveis, entretanto sob influência de estresse hídrico.

Dessa forma, depreende-se que E_f e Y_g são indicadores que isolam variáveis de manejo da produtividade atingível e potencial. Sendo, portanto, uma maneira de quantificar a influência do manejo na produtividade obtida em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações de produtividade potencial revelaram que os talhões analisados apresentariam um potencial produtivo médio superior a 6 Mg ha^{-1} . Em condição de sequeiro, a variação espaço-temporal de Y_w foi de 1.567 a 6.163 kg ha^{-1} , enquanto Y_a variou de 1.006 a 5.101 kg ha^{-1} (Figura 1). Além disso, variação média

entre a Y_p e Y_w foi de 52% ($\sigma = 25\%$), superior ao valor estimado Specht et al (1999) para Nebraska (USA) em cerca de 36%.

Figura 1. Produtividades médias dos cinco talhões (Y_a , atual; Y_w , atingível e Y_p , potencial) e desvio padrão para cinco talhões comerciais nas safas 2015/16-2017/18, Riachão das Neves, BA.

Observou-se que Y_w e Y_a foram notavelmente instáveis, ao longo das safras, para a soja de sequeiro, como foi indicado pelos elevados coeficientes de variação (CV). Para os cinco talhões analisados, todos apresentaram elevado CV: entre 40 e 60% para Y_w e 60 e 65% para Y_a (Figura 2).

Figura 2. Produtividade média para os cinco talhões analisados, ao longo das safras agrícolas 2015/16 a 2017/18, em Riachão das Neves, BA.

Verificou-se que a safra 2015/16 apresentou condição meteorológica pouco favorável ao desenvolvimento da cultura da soja, o que coincidiu com a menor taxa de E_f , em torno de 66%, e nas safras com condições meteorológicas favoráveis E_f foi superior a 80% (Tabela 1). Com isso, pode-se pressupor que as condições meteorológicas da safra influenciaram na tomada de decisão quanto ao investimento em manejo, como já observado em outros estudos (BERG et al., 2006; PERRIN et al., 2008; SADRAS; ROGET; KRAUSE, 2003). Apesar de uma eficiência produtiva média em torno de 77% melhorias no manejo possibilitariam um incremento de 621 a 1.129 kg ha⁻¹.

Tabela 1. Eficiência produtiva média (E_f) e desvio padrão (σ_{E_f}), yield gap médio (Y_g) e desvio padrão (σ_{Y_g}) para as safras (2015/16-2017/18).

Safra	E_f (%)	σ_{E_f}	Y_g (kg ha ⁻¹)	σ_{Y_g}
2015/16	0,66	0,13	621,2	294,71
2016/17	0,84	0,02	689,2	90,73
2017/18	0,81	0,06	1.128,8	362,02

O elevado CV para Y_a e Y_w sugere que a restrição hídrica é uma razão importante para a grande variabilidade entre as safras. Isso também já foi evidenciado na região do *corn belt* nos EUA (SPECHT; HUME; KUMUDINI, 1999) e em algumas regiões do Brasil (BATTISTI et al., 2018). Nas safras analisadas, o volume de chuvas foi adequado para o desenvolvimento da cultura da soja, variando de 920 a 1.356 mm. No entanto, a distribuição irregular da chuva, com veranicos prolongados em fases decisivas do desenvolvimento da cultura, acarretaram perdas produtivas.

A variabilidade temporal da precipitação foi associada a um indicativo de estresse hídrico (*output* do DSSAT) que penaliza o desenvolvimento da cultura em função da restrição hídrica, em função do estágio fenológico, conforme a classificação de Fehr e Caviness (1977) (Figura 3).

Figura 3. Volume acumulado e desvio padrão da precipitação pluvial e fator de estresse hídrico ao longo das safras (2015-2018), média dos talhões, em diferentes intervalos de estádios fenológicos. Conforme a fenologia descrita por Fehr e Caviness (1977).

Observou-se que na safra 2015/16 houve penalização superior a 10% no desenvolvimento da cultura entre EM-R1 (emergência ao início do florescimento) e superior a 40% entre R5-R7 (formação de semente a maturidade fisiológica). Esses resultados corroboram com Yw e Ya, que apresentaram maior perda de produtividade devido ao maior déficit hídrico observado nas fases de maior sensibilidade da cultura (formação e enchimento de grão) (DESCLAUX; HUYNH; ROUMET, 2000; DESCLAUX; ROUMET, 1996). Já para a safra 2016/17 observou-se uma penalização superior a 15% entre EM-R1 e R1-R5. Como estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo apresentam menor sensibilidade ao estresse hídrico, a penalização de Yw e Ya foi menor em relação a safra anterior.

Dessa forma, considerando a diferença média entre Yp e Ya, e a não uniformidade da chuva ao longo das safras, sugere-se que sistemas de irrigação poderiam minimizar o risco climático e possibilitar incrementos produtivos médios de 50%. Outra alternativa, já em macroescala, seria o desenvolvimento de cultivares com maior resistência a períodos de estiagem.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os talhões comerciais obtiveram uma eficiência média de 77%, considerando em termos de otimização de manejo o incremento médio seria de 815 kg ha⁻¹. O incremento médio possibilitado pelo uso da irrigação ou técnicas de resiliência a estiagem de 2 Mg ha⁻¹.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), processo 2017/23468-9, pela bolsa de Doutorado e reserva técnica concedidas. E ao financiamento da Fapesp através dos projetos 2017/20925-0 e 2017/50445-0. Ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP pela infraestrutura para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. [s.l.] : ESA Working paper Rome, FAO, 2012.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PASCOALINO, J. A. L.; SAKO, H.; DE SÁ DANTAS, J. P.; MORAES, M. F. Soybean Yield Gap in the Areas of Yield Contest in Brazil. **International Journal of Plant Production**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 159–168, 2018.

BERG, E.; SCHMITZ, B.; STARP, M.; TRENKEL, H. Weather derivatives as a risk management tool in agriculture. **Income Stabilization in Agriculture. The Role of Public Policies, Edizione Scientifiche Italiane, Neapel, Rom**, [s. l.], p. 379–396, 2006.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Dinâmica da economia e da agropecuária no Matopiba. [s. l.], 2017.

CESB. **Publicações - CESB – Comitê Estratégico Soja Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br/publicacoes/>>. Acesso em: 12 set. 2017.

DESCLAUX, D.; HUYNH, T.-T.; ROUMET, P. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. **Crop science**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 716–722, 2000.

DESCLAUX, D.; ROUMET, P. Impact of drought stress on the phenology of two soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivars. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 46, n. 1–3, p. 61–70, 1996.

FAO. **OECD?FAO Agricultural Outlook 2016?2025 SpECiAl FOCuS: Sub?SAhArAn AFriCA**. [s.l.] : OECD/FAO, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5778e.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Special Report 80**, [s. l.], p. 2–11, 1977. Disponível em: <<http://lib.dr.iastate.edu/specialreports>>

FOLEY, J. A. CAN WE FEED THE WORLD & SUSTAIN THE PLANET?: EBSCOhost. **Scientific American**, [s. l.], v. 305, n. 5, p. 60–65, 2011. Disponível em: <<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?sid=dc2279a8-ce48-4559-9ad1-d5582d7d01df%40sessionmgr4007&vid=0&hid=4204&bdata=Jmxhbmc9cHQYnImc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=66913738&db=aph>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S. M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **science**, [s. l.], v. 327, n. 5967, p. 812–818, 2010.

GRASSINI, P.; VAN BUSSEL, L. G. J.; VAN WART, J.; WOLF, J.; CLAESSENS, L.; YANG, H.; BOOGAARD, H.; DE GROOT, H.; VAN ITTERSUM, M. K.; CASSMAN, K. G. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 177, p. 49–63, 2015.

IBGE, I. B. de G. e E. **Produção agrícola municipal**. 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 2 out. 2017.

LOBELL, D. B.; CASSMAN, K. G.; FIELD, C. B. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. **Annual review of environment and resources**, [s. l.], v. 34, 2009.

PERRIN, R.; VOGEL, K.; SCHMER, M.; MITCHELL, R. Farm-scale production cost of switchgrass for biomass. **BioEnergy Research**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 91–97, 2008.

SADRAS, V.; ROGET, D.; KRAUSE, M. Dynamic cropping strategies for risk management in dry-land farming systems. **Agricultural systems**, [s. l.], v. 76, n. 3, p. 929–948, 2003.

SILVA, E. H. F. M. Da. **Simulação de cenários agrícolas futuros para a cultura da soja no Brasil com base em projeções de mudanças climáticas**. 2018. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-18052018-140516/publico/Evandro_Henrique_Figueiredo_Moura_da_Silva_versao_revisada.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2019.

SPECHT, J. E.; HUME, D. J.; KUMUDINI, S. V. Soybean yield potential—a genetic and physiological perspective. **Crop Science**, [s. l.], v. 39, n. 6, p. 1560–1570, 1999.

USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Washington, D.C: WASDE-565, 2017. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

VAN ITTERSUM, M. K.; CASSMAN, K. G.; GRASSINI, P.; WOLF, J.; TITTONELL, P.; HOCHMAN, Z. Yield gap analysis with local to global relevance—a review. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 143, p. 4–17, 2013.

QUANTIFICAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DO DÉFICIT DE PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ESCALA DE UMA USINA

Letícia Gonçalves Gasparotto¹; Juliano Mantellatto Rosa¹; Nilson Aparecido Vieira Junior¹; Rafael Domingos Paro¹; Fábio Ricardo Márin¹
Autor para correspondência: leticiagasparotto@usp.br

¹Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/UP)

RESUMO

Projeções econômicas indicam que até 2050 a população mundial aumentará em aproximadamente 30%, e conseqüentemente, aumentará na demanda por alimentos. A área disponível no mundo para expansão horizontal da agricultura é, contudo, no máximo, de 5%. Essa constatação implica na necessidade de elevar a produtividade agrícola de modo sustentável, a partir de áreas já estabelecidas com potencial de incremento produtivo. A identificação das regiões com potencial de incremento na produção agrícola pode ser feita com base na análise da eficiência agrícola, dada pela razão da produtividade real (Y_r) e produtividade potencial (Y_p) (ou atingível, Y_w) de uma região; essa análise também pode ser feita pelo déficit de produtividade (Y_g) (do inglês, *yield gap*), dado pela diferença entre Y_p e Y_r . Diversos estudos vêm sendo realizados nessa linha para diferentes culturas e em vários países do mundo, normalmente em grandes escalas espaciais. Há, contudo, uma demanda para estudos dessa natureza em unidades produtivas em menores escalas, permitindo assim que os produtores observem a produção não aproveitada e possam intervir no sistema de modo a elevar a produtividade. A partir disso, os objetivos desse trabalho foram identificar os fatores limitantes e restritivos que impedem a expressão do potencial produtivo da cultura e quantificar e decompor cada um deles, em escala de talhão. Para tal, utilizou-se o modelo DSSAT/CANEGRO, para simular a Y_w , que foi por sua vez comparada com dados fornecidos por uma usina do Estado de São Paulo para a determinação do Y_g . Na sequência, fez-se a seleção de um talhão com eficiência produtiva inferior a 70%, no qual foi aplicada uma metodologia pré-estabelecida para identificação dos fatores limitantes e redutores de produtividade. Avaliou-se o efeito das pragas, doenças, plantas daninhas, nutricionais, falhas e decaimento de rendimento de cana-soca. Foram geradas equações de perda de produtividade para cada fator, por meio de uma revisão de literatura. Por fim, tais levantamentos foram convertidos em perdas, por meio das funções de perda de produtividade. Como resultado, no talhão avaliado a Y_r foi de 50,45 Mg ha⁻¹, enquanto a Y_w foi de 93,50 Mg ha⁻¹, ou seja, um déficit de produtividade explorável de 43,05 Mg ha⁻¹. Considerando os fatores avaliados em campo de perda de produtividade da cultura, uma boa gestão dos mesmos impactaria em um incremento de produtividade de até 37 Mg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Fatores limitantes; modelagem; *Sacharum spp.*.

QUANTIFICATION AND DECOMPOSITION OF THE SUGARCANE YIELDGAP AT MILL SCALE

ABSTRACT

Economic projections indicate that by 2050 the world's population will increase by approximately 30%, and consequently, the demand for food will increase. The area available in the world for horizontal expansion of agriculture is, however, a maximum of 5%. This finding implies the need to raise agricultural yield in a sustainable way, from established areas with potential for yield increase. The identification of regions with potential for increment in agricultural production can be made based on the analysis of the yield efficiency,

given by the ratio of real yield (Y_r) and potential yield (Y_p) (or attainable, Y_w) of a region; this analysis can also be done by the yield gap (Y_g), given by the difference between Y_p and Y_r . Several studies have been carried out in this line for different cultures and in several countries of the world, usually at large spatial scales. However, there is a demand for studies of this nature at smaller scales, thus allowing producers to observe unused production and to intervene in the system in order to increase yield. The objectives of this paper were to identify the limiting and restrictive factors that yield potential of the crop and to quantify and to decompose each of them at mil scale. The DSSAT / CANEGRO model was used to simulate the Y_w , which was compared to data provided by a sugarcane mill in the State of São Paulo for the determination of Y_g . Then, a plot with yield efficiency less than 70% was selected, in which a pre-established methodology was applied to identify the yield limiting and reducing factors. The effect of pests, diseases, weeds, nutritional deficiencies, and decline of ratoon yield were evaluated. Yield loss equations were generated for each factor, through a literature review. In addition, the results obtained in field scouting were converted into losses, through the functions of yield loss. As a result, the evaluated Y_r plot was 50.45 Mg ha^{-1} , while the Y_w was 93.50 Mg ha^{-1} , that is, an exploitable Y_g of 43.05 Mg ha^{-1} . Considering the factors of yield loss evaluated in the field, the improvement of management practices would increase the yield to 37 Mg ha^{-1} .

KEY-WORDS: limiting factors; modeling; *Sacharum* spp..

INTRODUÇÃO

Até 2050, a população mundial aumentará em aproximadamente 30% e a maior parte desse adicional de 2 bilhões de pessoas viverão em cidades de países em desenvolvimento (GODFRAY *et al.*, 2010). Projeções indicam que a produção agrícola precisará ser aumentada em até 60%, caso as tendências de incremento de renda e consumos mantenham-se constantes (BRUINSMA, 2003; LOBELL *et al.*, 2009).

A cultura da cana-de-açúcar é a principal fornecedora de açúcar, sendo que 75% do açúcar produzido é destinado ao consumo humano (SOUZA *et al.*, 2008). Juntamente com os laticínios, o açúcar deve sustentar a demanda por alimentos na próxima década, de acordo com os dados mais recentes da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2018). A demanda global por açúcar por pessoa deve aumentar para 8,1% nos próximos 10 anos, um acréscimo no consumo de 2,5%, quando comparado a mais recente perspectiva agrícola. (FAO, 2018).

A rápida e crescente demanda por alimentos implica em um desafio, principalmente para o Brasil, como importante fornecedor mundial de alimento, uma vez que o aumento de produção não poderá estar diretamente relacionado com o aumento de terras cultiváveis, pela necessidade de cultivos sustentáveis. Com isso, é esperado que a maior parte da produção agrícola deva vir de aumento da produção em áreas consolidadas (VAN REES *et al.*, 2014). Tal cenário exige o uso de métodos adequados para aumentar a eficiência da produção, identificando as principais causas das perdas de rendimento (MONTEIRO, 2015).

Os fatores biofísicos e socioeconômicos que contribuem para perdas de rendimento final da cultura são: estresse hídrico; alta infestação de pragas e doenças; data de plantio fora da data ideal, entre outros. Uma vez que o manejo de culturas é um aspecto importante para definir o rendimento da safra, o nível tecnológico empregado pelos agricultores no campo ao longo do ciclo de crescimento também precisa ser considerado. (LOBEL *et al.*, 2009).

Há décadas o Brasil lidera a produção mundial de cana-de-açúcar, o que pode ser atribuído a clima (quase todo o território na zona tropical) e solos. Apesar disso, os rendimentos atuais ainda estão abaixo da potencialidade do país para essa cultura. Depreende-se que algumas regiões brasileiras têm potencial de incremento produtivo em condições sustentáveis (LICKER *et al.*, 2010), melhores que outras, devido a condições de clima, solo e em alguns casos, pelo acesso a irrigação (VAN ITTERSUM *et al.*, 2013).

A identificação das regiões com potencial de incremento pode ser feita com base da eficiência agrícolas, dada pela razão entre a produtividade real (Y_r) e a produtividade potencial (Y_p) (ou atingível – Y_w) de uma região; essa análise também pode ser feita pelo déficit de produtividade (Y_g) (do inglês, yield gap), dado pela diferença entre Y_p e Y_r . As interações entre o genótipo (espécie e cultivar), as condições climáticas e o manejo das culturas determinam o rendimento e, conseqüentemente, a magnitude do déficit de produtividade da cultura (MARIN, 2014).

Modelos de simulação vêm sendo aplicado em diversas regiões do Brasil e do mundo para este tipo de análise e também para se obter avanços no sistema de produção de cana-de-açúcar (O'LEARY, 2000; INMAN-BAMBER *et al.*, 2002; THORBUN *et al.*, 2005; MARIN *et al.*, 2015). Esse tipo de modelo é uma das formas cientificamente aceitas para análises de impactos nos fatores de produção (clima, solo e manejo) nas culturas. Faz-se o uso de modelos de crescimento de plantas (MCP), baseados em processos biofísicos que ocorrem em culturas (do inglês, *process based on crop model*) (ROSENZWEIG *et al.*, 2013), que são ferramentas consagradas da literatura científica para testes de hipóteses acadêmicas (MARIN *et al.*, 2012).

Estudos anteriores, para o estado de São Paulo e Brasil, estimaram que os canaviais pudessem alcançar aproximadamente 50% do seu potencial produtivo. (MARIN & CARVALHO, 2012) Estes estudos conseguiram apontar que o déficit de produtividade explorável da cana-de-açúcar brasileira estava entre 30 e 40 Mg ha⁻¹, porém o estudo foi realizado em grandes escalas espaciais, cobrindo estados (MARIN *et al.*, 2008) ou até mesmo toda área canavieira do Brasil (MARIN, 2014; Marin *et al.*, 2016). Estudos em escalas menores, envolvendo apenas áreas de abrangência de uma usina de cana-de-açúcar (talhões) são ainda inexistentes no Brasil e poderiam ser extremamente úteis para tomada de decisão e na priorização de investimentos em usinas comerciais, aproximando os resultados da pesquisa ainda mais do setor.

Por tanto, com esse estudo pretendeu-se atender uma demanda por conhecimento em escalas espaciais mais detalhadas, através de uma pesquisa que foi realizada dentro de uma unidade produtiva. Com isso, foi possível identificar as causas de baixa eficiência agrícola e quantificar o déficit de produtividade e decompor as causas de queda de produtividade em separado.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Identificar os fatores de manejo limitantes à produtividade atingível, quantificar e decompor o déficit de produtividade da cana-de-açúcar para um talhão em uma unidade comercial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local

O estudo foi realizado em uma área comercial de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, no qual foi selecionado um talhão durante a safra de 2017/2018. A área total do talhão é de 7 hectares e o solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico distrófico. Foi realizada coleta de amostras deformadas no talhão, de 0-20 e de 20-40 cm, onde foram determinadas as características químicas (pH, bases trocáveis, alumínio e hidrogênio extraíveis, fósforo assimilável, carbono orgânico, CTC, soma de bases, saturação por bases e por alumínio, além dos teores de potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes) (Tabela 1). O plantio da cultura foi realizado em julho de 2016 e a colheita na primeira quinzena de maio de 2017, sendo realizados os levantamentos de fatores redutores de produtividade a partir do desta data. A variedade plantada no talhão foi a SP83-2847.

Tabela 1. Análise de solo para a cultura da cana-de-açúcar no talhão avaliado de 0-20 e 20-40 cm.

pH	MO	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³	mmol _c /dm ³	mmol _c /dm ³	mmol _c /dm ³	mmol _c /dm ³	mmol _c /dm ³

6.1	15	183	0	11	1.9	46	14	61
5.9	16	18	0	13	1.4	17	9	28
CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
mmol_c/dm³	mmol_c/dm³	mg/dm³	mg/dm³	mg/dm³	mg/dm³	mg/dm³	mg/dm³	mg/dm³
72	85	195	0.26	0.4	35	0.9	1.0	
40	68	13	0.22	0.3	42	1.3	0.9	

Produtividade atingível (Y_w), déficit de produtividade (Y_g) e eficiência produtiva (E_f)

Com o modelo de simulação CANEGRO (DC), disponível na plataforma DSSAT, foi quantificada a produtividade atingível da cultura (O'LEARY, 2000; INMAN-BAMBER *et al.*, 2002; MARIN *et al.*, 2015). Foram inseridos no modelo os seguintes dados de entrada: parâmetros de solo (capacidade de campo, ponto de murcha e profundidade do solo), variáveis meteorológicas (radiação solar, temperatura do ar máxima e mínima e precipitação), parâmetros genéticos da espécie/variedade e informações sobre o manejo a ser simulado.

Para a simulação foi utilizada uma calibração disponível referente à variedade RB86-7515, obtida a partir de um conjunto de dados observados em diferentes áreas experimentais e climas (MARIN, 2014; NASSIF *et al.*, 2016; VIANA, 2018) para cana planta e soca. Os dados meteorológicos (temperatura máxima, temperatura mínima, radiação solar e precipitação) utilizados para a simulação foi enviado pela Usina parceira, advindo da estação meteorológica instalada na área de produção da cultura (Figura 1). Foi realizada a simulação para o solo específico da área.

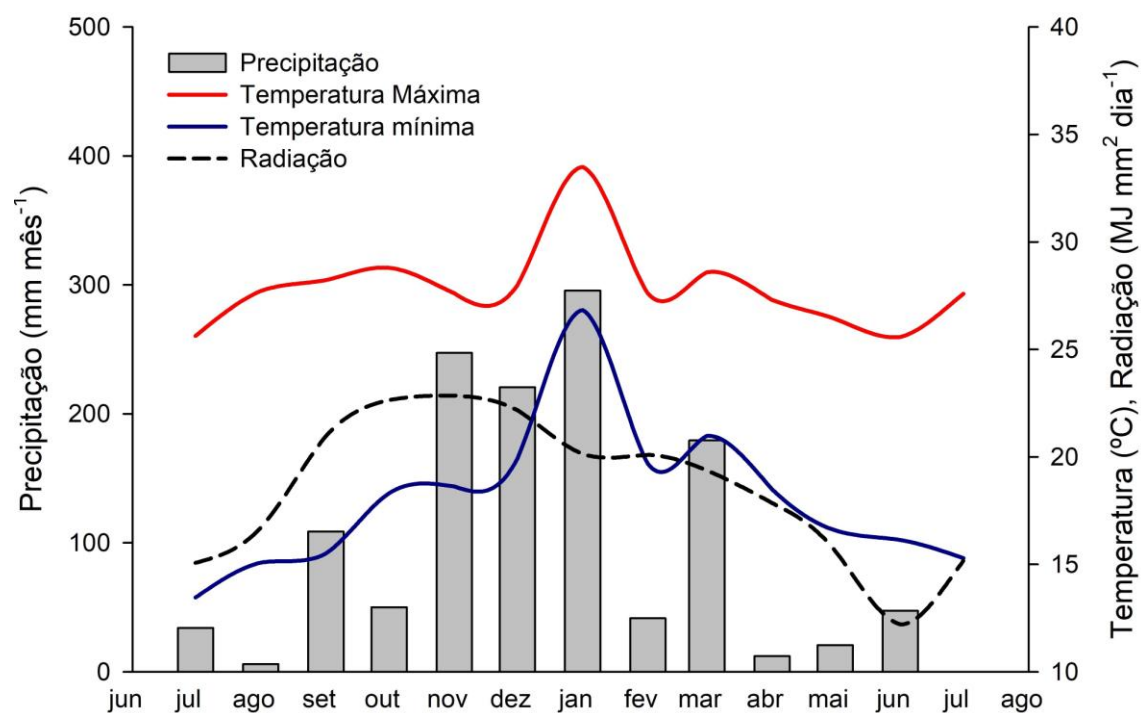


Figura 1. Média mensal da temperatura máxima e mínima (°C), precipitação mensal acumulada (mm) e radiação solar mensal (MJ mm² dia⁻¹) na área comercial avaliada no, entre julho de 2017 e julho 2018.

O dado referente à Y_r foi disponibilizado pela Usina parceira, a qual foi utilizado para cálculo da eficiência produtiva (equação 1) e déficit de produtividade (equação 2) do talhão.

$$E = Y_r/Y_p \quad \text{Eq. (20)}$$

$$Y_g = Y_p - Y_r \quad \text{Eq. (21)}$$

em que Y_r é a produtividade real alcançada de fato em condições operacionais de uma usina, no caso da cana-de-açúcar em talhões agrícolas comerciais; Y_p é a produtividade potencial (ou atingível) é definida como aquela obtida por um genótipo adaptado sob condições ótimas de cultivo, sem qualquer fator limitante ou redutores (pragas, doenças, plantas invasoras, nutrientes) ao seu crescimento; No caso de canaviais sem irrigação, admite-se que Y_p represente a produtividade atingível (Y_w), já que a neste caso poderia haver limitação por água.

Seleção do talhão e identificação dos fatores limitantes

Foi selecionado um talhão de ambiente de produção E com eficiência produtiva <70%, onde foram identificados os fatores limitantes a produtividade por meio de metodologias pré-estabelecida em literatura. Realizou-se o levantamento de dados dos seguintes fatores:

- Nutricional: diagnose foliar (RAIJ *et al.*, 1996; MALAVOLTA, 1997);
- Plantas invasoras (DURIGAN *et al.*, 2005).
- Falhas (STOLF, 1986)
- Pragas: Cigarrinha (*Mahanarva frimbiolata*) (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2004), Bicudo (*Sphenophorus levis*) (ALMEIDA, 2005) e Broca (*Diatreia saccharalis*) (GUZO & NEGRISOLI JR., 2012);
- Doença: Ferrugem (*Puccinia ssp.*) (DILLEWIJN, 1952, ALMORIM *et al.*, 1957);
- Decaimento de soqueira.

Equações de perda de produtividade

Foram geradas equações de perda de produtividade para cada fator limitante a produtividade, por meio de uma revisão de literatura. A partir destes modelos, foi realizada a decomposição da perda de rendimento para cada fator e estimada a produtividade (Equação 3).

$$Y_{rest, n} = Y_w * TP_n \quad \text{Eq. (22)}$$

em que $Y_{rest, n}$ é a produtividade real ($Mg\ ha^{-1}$) estimada em função de n fatores de depleção da produtividade; Y_w é a produtividade atingível limitada pela água; TP_n é a taxa de perda agregada dos n fatores de depleção de produtividade consideradas na análise, que é dada por meio da somatória da porcentagem de todos os fatores restritivos a produtividade atingível; No caso do presente estudo, foram considerados como fatores de depleção: pragas, doença, plantas daninhas, falhas e fator nutricional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Y_r do talhão amostrado foi de $50,45\ Mg\ ha^{-1}$, enquanto a Y_w foi de $93,50\ Mg\ ha^{-1}$ (Figura 2). A eficiência produtiva, portanto, foi de 53% e o déficit de produtividade de $43,05\ Mg\ ha^{-1}$. A análise sugere um potencial

de incremento produtivo de aproximadamente, 47% no talhão. Este incremento pode ser alcançado corrigindo-se os fatores de manejo restritivos e limitantes a produtividade da cultura.

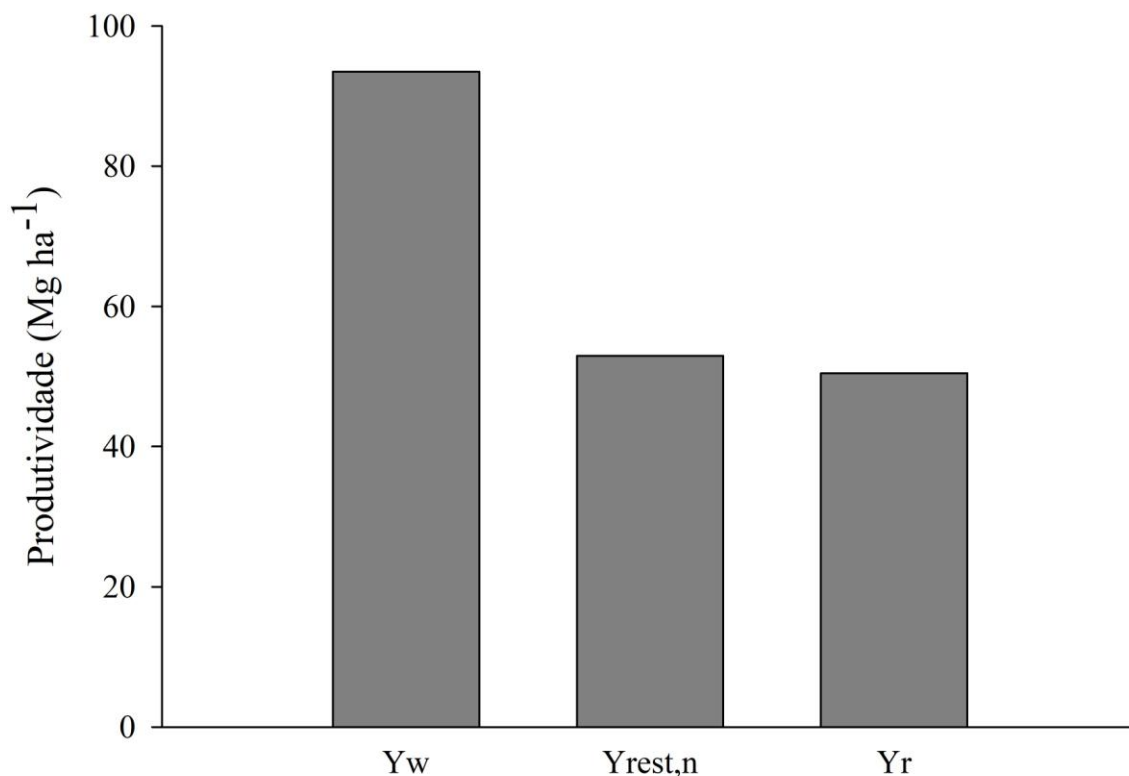


Figura 2. Produtividade atingível (Yw), produtividade real estimada em função dos fatores depleciadores (Y_{rest,n}) e produtividade real (Yr).

Observou-se que os fatores limitantes e restritivos para Yw da cultura na região estudada estavam relacionados principalmente com manejo de pragas, doenças, plantas daninhas, população de plantas e deficiência nutricional. Considerou-se também o declínio de rendimento de soqueiras, por ser tratar de uma área com cana de 2º corte. Por meio das equações de perda de produtividade geradas através de trabalhos disponíveis na literatura (Tabela 2) para cada fator, estimou-se a perda de produtividade para pragas, doença, plantas daninhas, nutricionais, falhas e declínio de rendimento de soqueira.

Tabela 2. Fatores e subfatores para os quais foram geradas equações de perda de produtividade, o coeficiente de determinação (R²) das equações de perda de rendimento, a unidade utilizada para cada fator e a referência utilizada para a geração da equação da perda de produtividade.

Fator	Subfator	R ²	Unidade	Referências
Pragas	Broca	0.9961	% infestação	TÉRAN <i>et al.</i> , 1986; PRECETTI <i>et al.</i> , 1988; ARRIGONI, 2002
	Cigarrinha	0.9869	Insetos sulco ⁻¹	DINARDO-MIRANDA <i>et al.</i> , 2004
	Bicudo	0.9968	% Infestação	LEITE <i>et al.</i> , 2012
Doença	Ferrugem	0.9971	% infestação	HOY & HOLLIER, 2009
Falhas	Falhas	0.9938	% falhas	STOLF, 1986
	Falhas	0.9987	% falhas	STOLF, 1986

Plantas daninhas	Tiririca	0.9924	Plantas m ⁻²	DURIGAN <i>et al.</i> , 2005
	Corde de viola	0.9431	% infestação	JONES <i>et al.</i> , 2009
Nutrição	Macronutrientes	1.0	g kg ⁻¹	MALAVOLTA, 1997
	Micronutrientes	1.0	Mg kg ⁻¹	MALAVOLTA, 1997
Cultura	Declínio de soqueira	0.8659	Nº de cortes	ROSSI & BERNARDES, 2012

No talhão amostrado foram identificadas diversas pragas, notadamente a broca (*Diatrea saccharalis*), a cigarrinha (*Mahanarva frimbiolata*) e o bicudo (*Sphenophorus levis*). As perdas ocasionadas por cigarrinha (1%), broca (5%) e bicudo (2%) (Figura 3), totalizaram 8% (Figura 4). Em relação à doença, detectou-se somente ferrugem alaranjada (*Puccinia spp.*), com uma perda de 7%. (Figura 3)

No levantamento de plantas de daninhas identificou-se apenas tiririca (2%) (*Cyperus spp.*) e corde de viola (1%) (*Ipomoea spp.*) (Figura 3), sendo a perda estimada em 3% (Figura 4). O menor valor de perda entre todos os fatores avaliados. Possivelmente, o manejo para plantas daninhas já esteja sendo realizado de maneira satisfatória.

Os valores constatados para nitrogênio, fósforo e enxofre, foram considerados abaixo do adequado para a cultura (RAIJ *et al.*, 1996) e a soma desses nutrientes resultou em uma perda de 18% (Figura 4). O fósforo apresentou o maior valor de perda (11%), seguida por nitrogênio (4%) e enxofre (3%) (Figura 3). Em um trabalho realizada para a cultura do milho, as taxas não limitantes de fertilizantes, maior população de plantas e melhor controle de plantas daninhas aumentaram o rendimento da cultura em 1,8, 0,9 e 0,9 Mg ha⁻¹, respectivamente (DEVKOTA *et al.*, 2015).

Verificou-se que declínio de rendimento na soqueira resultou em uma perda de 3% (Figura 3 e 4). O número de cortes é o fator de maior influência no rendimento da cana, com o aumento do número de cortes, ocorre um declínio na produtividade média da soqueira. (PORTIER & ANDERSON, 1995; ANDERSON *et al.*, 1995; BRUGGEMANN *et al.*, 2001; FERRARO *et al.*, 2009). O impacto da mecanização intensiva na estrutura do solo limitante ao desenvolvimento das raízes (BRAUNACK E MCGARRY, 2006), pode estar relacionado à redução na produtividade das soqueiras de cana-de-açúcar.

A soma dos efeitos de todos os fatores deplecionadores de rendimento foi de 43%, que convertido em Mg ha⁻¹, resultou em uma perda de 43 Mg ha⁻¹ e isso, por sua vez, resultou numa Y_{r,est,n} estimada em 53,29 Mg ha⁻¹ (Figura 2). Este valor representa um diferença de aproximadamente 3 Mg ha⁻¹ em relação a Y_r observado no campo. Corrigindo-se os principais fatores de perda de rendimento, como adubação, manejo de pragas (principalmente broca), população de plantas e utilizando variedades resistentes a doenças (ferrugem), o incremento na produtividade seria de 37 Mg ha⁻¹, de modo que a eficiência produtiva ultrapassasse os 80%, valor considerado como referência para que a intensificação seja economicamente viável. (VAN REES *et al.*, 2014)

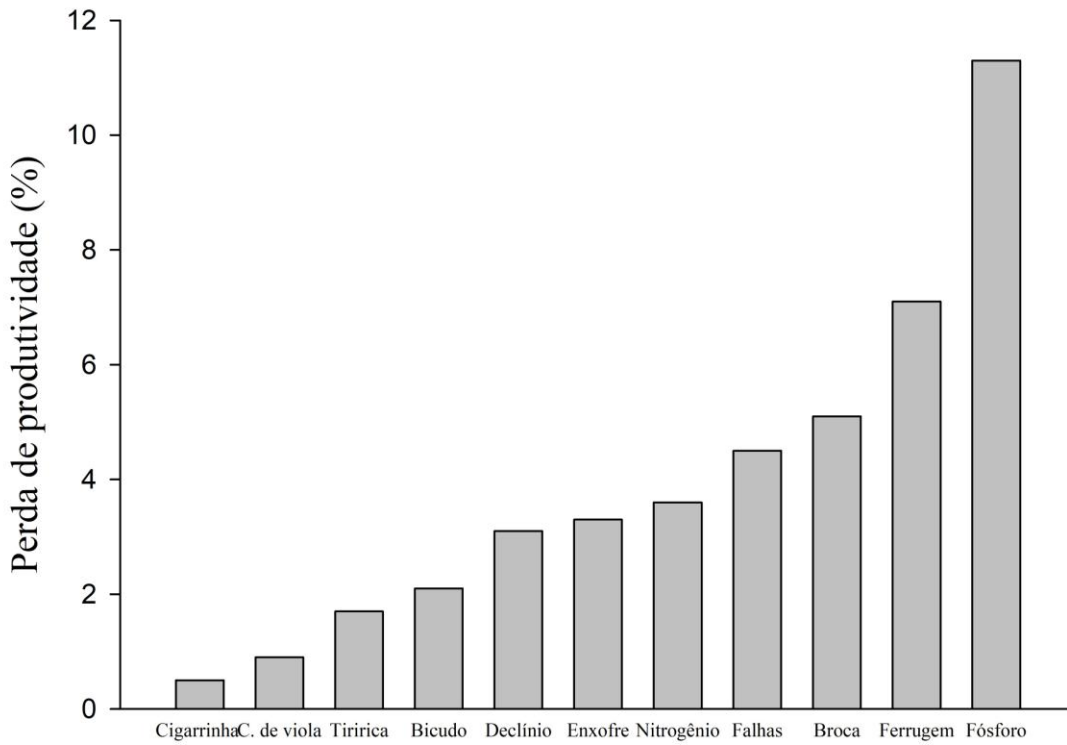


Figura 3. Perda de produtividade (%) relacionada aos fatores: pragas (cigarrinha, broca e bicudo), falhas, ferrugem, nutricional (enxofre, nitrogênio e fósforo), plantas daninhas (tiririca e corda-de-viola) e declínio no rendimento de soqueiras

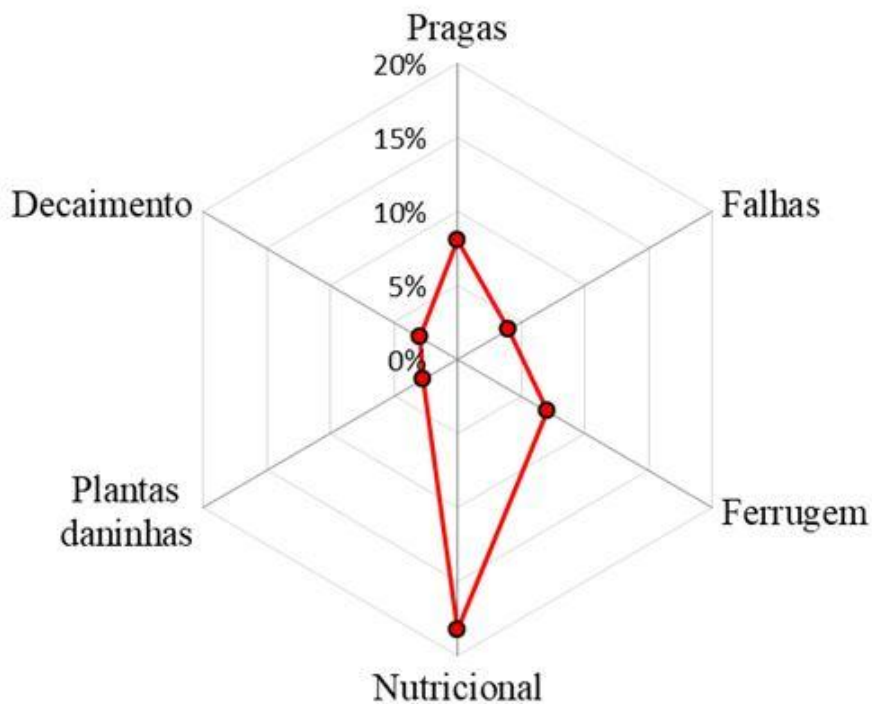


Figura 4. Perda de rendimento agrupado para cada um dos fatores: Pragas (cigarrinha, broca e bicudo), falhas, ferrugem, nutricional (enxofre, nitrogênio e fósforo), plantas daninhas (tiririca e corda-de-viola) e declínio no rendimento de soqueiras.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Considerando a perda pelos fatores levantados, a produtividade poderia alcançar aproximadamente, 93 Mg ha⁻¹. A deficiência nutricional foi a maior causa de perda para a cultura, seguida de pragas, doenças e falhas, respectivamente.

Para estudos futuros, seria interessante adicionar a perda causada por compactação do solo, devido ao uso intensivo de maquinários agrícolas nos plantios atuais e a interferência de um fator de perda sob outro (por exemplo: interferência de um nutriente sobre o outro; se há aumento na % de perda com a incidência cigarrinha e broca no mesmo talhão).

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), processo 2018/06396-7, pela bolsa de Mestrado e reserva técnica concedidas, e ao financiamento da Fapesp por meio dos projetos 2017/20925-0 e 2017/50445-0, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo financiamento por meio dos projetos grant 301424/2015, 401662/2016, 425174/2018, 300916/2018 e ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP pela infraestrutura para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, L. C. Bicudo da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico C. T. C.**, p. 1–3, 2005

ANDERSON, D.L.; PORTIER, K.M.; OBREZA, T.A.; COLLINS, M.E.; PITTS, D.J.. Tree regression analysis to determine effects of soil variability on sugarcane yields. *Soil Science Society of America Journal* 63: 592-600. 1999.

ARRIGONI, E.B.; PRECETTI, A.A.C.M.; ALMEIDA, L.C.; KASTEN JR., P. **Metodologia de levantamento de pragas de solo em cana-de-açúcar**. Coopercucar, São Paulo, Brasil, 1988.

BRAUNACK, M.V.; MCGARRY, D. Traffic control and tillage strategies for harvesting and planting of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in Australia. **Soil & Tillage Research** 89: 86-102. 2006.

BRUGGEMANN, E.A.; KLUG, J.R.; GREENFIELD, P.L.; DICKS, H.M. Empirical modeling and prediction of sugarcane yields from field records. **Proceedings of South Africa Sugarcane Technologists Association** 75: 204-210. 2001.

BRUINSMA, J. World Agriculture: Towards 2015/2030: **An Fao Perspective** (Earthscan/James & James, 2003)
<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=2yd868WG6V4C&oi=fn&pg=PR1&dq=World+Agriculture+Towards+2015/2030&ots=0I2RS-YnNL&sig=LipUVS3HYoi0aj-f87ejAK5EsNI> [Acesso em: 14 de janeiro 2018]

CERQUEIRA LEITE, R.C.; LEAL, M.R.L.V.; CORTEZ L.A.B.; GRIFFIN, W.M.; SCANDIFFIO, M.I.G. Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol? *Energy*, 34, 655-661, 2009.

DEVKOTA, K.P.; MCDONALD, A.J.; KHADKA, A.; KHADKA, L.; PAUDEL, G.; DEVKOTA, M. Decomposing maize yield gaps differentiates entry points for intensification in the rainfed mid-hills of Nepal. **Field Crops Res.** 179, 81–94. 2015

DINARDO-MIRANDA, L.; COELHO, Á.L.; FERREIRA, J.M.G. Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 91-98, Feb. 2004.

- DURIGAN, J.C.; TIMOSSI, P.C.; CORREIA, N.M. Densidades e manejo químico da tiririca na produtividade de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.23, p.463-469, 2005.
- FERRARO, D.O.; RIVERO, D.E.; GHERSA, C.M. An analysis of the factors that influence sugarcane yield in northern Argentina using classification and regression trees. **Field Crops Research** 112: 149-157. 2009.
- GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R. Food Security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, New York, v. 327, p. 812-818, 2010
- HOY, J. W.; HOLLIER, C. A. Effect of Brown Rust on Yield of Sugarcane in Louisiana. **Plant Disease**, v. 93, n. 11, p. 1171–1174, 2009.
- INMAN-BAMBER, N.G.; MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. Dry Matter Partitioning of Sugarcane in Australia and South Africa. **Field Crops Research**. v. 76, p. 71-84, 2002.
- JONES, CURTIS, A.; GRIFFIN, J. L. RED MORNINGGLORY (IPOMOEA COCCINEA) CONTROL AND COMPETITION IN SUGARCANE. **Journal of the American Society Sugar Cane Technologists**, n. 29, p. 25–35, 2009.
- LEITE, L. G. et al. Eficiência de nematoides entomopatogênicos e inseticidas químicos contra *Sphenophorus levis* e *Leucothyreus* sp. em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 40–48, 2012.
- LICKER, R.; JOHNSTON, M.; FOLEY, J.A. Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the yield gap of croplands around the world? **Global Ecology and Biogeography**. Amsterdam, v.19, p.769-782, 2010. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00563.x.
- LOBELL, D.B.; CASSMAN, K. G.; FIELD, C.B. Crop Yield Gaps. Their Importance, Magnitudes, and Causes. **Annual Review of Environment and Resources**, v.34, p. 179-204, 2009. DOI: 10.1146/annurev.environ.041008.093740
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p
- MARIN, F. R.; THORBURN, J.; NASSIF, D.S.P.; COSTA, L.G. Sugarcane model intercomparison: Structural differences and uncertainties under current and potential future climates. **Environmental Modelling and Software**, v. 72, p. 372–386, 2015.
- MARIN, F.R. **Eficiência de produção de cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos**. 2014. 262p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- MARIN, F.R.; CARVALHO, G.L. Spatio-temporal variability of sugarcane yield efficiency in the state of São Paulo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p. 149-156, 2012.
- MARIN, F.R.; JONES, J.W.; ROYCE, F.; ASSAD, E.D.; PELLEGRINO, G.Q.; JUSTINO, F. Climate change impacts on sugarcane attainable yields in Southern Brazil. **Climatic Change London**, v.1, p.101-110, 2012.
- MARIN, F.R.; LOPES-ASSAD, M.L.; ASSAD, E.D. Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1449-1455, 2008.
- MARIN, F.R.; PILAU, F.G.; SPOLADOR, H.F.S.; OTTO, R.; PEDREIRA, C.G.S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: Cenários para 2050. v. 25, n. 3, p. 108-124, set. 2016.

MONTEIRO, Leonardo Amaral. **Sugarcane yield gap in Brazil: a crop modelling approach**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. doi:10.11606/T.11.2016.tde-08032016-142721. Acesso em: 2019-05-23.

NASSIF, Daniel Silveira Pinto et al . Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/Canegro para variedades brasileiras de cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 47, n. 3, p. 311-318, Mar. 2012

O'LEARY, G. J . Review of Three Sugarcane Simulation Models with Respect to their Prediction of Sucrose Yield. **Field Crops Research**. London, v. 68 p.7-111, 2000.

OECD/FAO (2018), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome, https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en.

PORTIER, K.M.; ANDERSON, D.L. Using Tree Regression to Identify Nutritional and Environmental Factors Affecting Sugarcane Production: **Applied Statistics in Agriculture**. New Prairie Press, Manhattan, KS, USA.1995.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2º ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 233-239. (Boletim técnico, 100)

ROSENZWEIG, C.; ELLIOTT, J.; DERYNG, D.; RUANE, A. C.; MULLHER, C.; ARNETH, A. Assessing Agricultural Risks of Climate Change in the 21 st Century um a Global Gridded Crop Model Intercomparison. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, 1, n. 9, p. 3268- 3273, 2013. ISSN 0027-8424.

SOUZA, A. P.; GASPAR, M.; SILVA, E. A.; ULIAN, E. C.; WACLAWOSKY, A. J.; NISHIYAMA JR., M. Y.; SANTOS, R. V.; TEIXEIRA, M. M.; SOUZA, G. M.; BUCKERIDGE, M. S. Elevated CO2 increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. **Plant, Cell & Environment**, v.31, p.1116-1127, 2008

STOLF, R. **Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar**. STAB, Piracicaba, v.4, n.6, p.22-36, jul./ago.1986.

THORBURN, P. J.; MEIER, E.A. Probert, M.E. Modelling nitrogen dynamic in sugarcane systems: Recent advances and applications. **Field Crops Reserarch**, Amsterdan, v. 92, p. 337-351, 2005.

VAN ITTERSUM, M.K.; CASSMAN, K.G.; GRASSINI, P.; WOLF, J.; TITTONELL,P.; HOCHMAN, Z. Yield gap analysis with local to global relevance-a review. **Field Crop Research**. v. 143, p. 4-17, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>

VAN REES, H.; MCCLELLAND, T.; HOCHMAN, Z.; CARBERRY, P.; HUNT, J.; HUTH, N.; HOLZWORTH, D. Leading farmers in South East Australia have closed the exploitable wheat yield gap: prospects for further improvement. **Field Crops Research**, Australia. v. 164, p. 1-11, Aug. 2014.

VIANNA, Murilo dos Santos. **Functional, structural and agrohydrological sugarcane crop modelling: towards a simulation platform for Brazilian farming systems**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. doi:10.11606/T.11.2018.tde-01082018-150704. Acesso em: 2019-05-23.

REPRESENTAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EFICIÊNCIA AGRÍCOLA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ESCALA DE USINA

Juliano Mantellatto Rosa¹; Leticia Gonçalves Gasparotto²; Fabio Ricardo Marin³
Autor para correspondência: juliano.rosa@usp.br

¹Discente de pós-graduação na Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), Piracicaba/SP; ²Discente de pós-graduação na Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), Piracicaba/SP; ³Orientador na Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), Piracicaba/SP

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a eficiência agrícola e representar sua variação ao longo do tempo e espaço em uma usina produtora de cana – de - açúcar no estado de São Paulo, Brasil, através de 4 safras agrícolas, considerando o efeito do ambiente e das técnicas de manejo na variabilidade dos resultados. Um modelo baseado em processos foi utilizado para a quantificação da produtividade potencial limitada por água e os efeitos relacionados ao solo foram analisados usando o conceito de ambientes de produção. A eficiência agrícola variou entre 0,76 e 0,70 no período de 2013/2014 a 2017/2018 e conseqüentemente o *yield-gap* aumentou de 23,08 Mg ha⁻¹ para 32,47 Mg ha⁻¹. A variabilidade meteorológica explicou 52% da variabilidade dos dados, enquanto os fatores relacionados ao manejo e os ambientes de produção contaram com 48% na variabilidade da eficiência agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: yield - gap; intensificação; modelagem

SPATIO-TEMPORAL REPRESENTATION OF SUGARCANE YIELD-GAP AT MILL SCALE

ABSTRACT

The objective of this paper was to determine the sugarcane yield efficiency and to assess the variation over time and space at mill scale located in Sao Paulo state, Brazil, through growing seasons. It was considered the effect of climate and crop management in yield efficiency variability, and the soil effects were analyzed using the concept of management zones. A mechanistic model was used to quantify the attainable yield. The sugarcane yield efficiency decreased from 0.76 to 0.70 in the analyzed period from 2013/2014 to 2017/2018, and the yield-gap consequently increased from 23.08 Mg ha⁻¹ to 32.47 Mg ha⁻¹. Weather variability explained 52% of data variability, while the crop and the management zones accounted for 48%, considering the average of all growing seasons.

KEY-WORDS: efficiency; intensification; crop modeling

INTRODUÇÃO

A tendência de crescimento populacional global até 2050 será em torno de 30%, com incremento mundial de 2 bilhões de pessoas. Isto pode levar a crescente competição por água, terra e energia concomitante à urgente necessidade de redução dos impactos ambientais em relação à produção de alimentos e energia (GODFRAY et al., 2010). Além disso influência dos efeitos climáticos e as preocupações sobre como as medidas de mitigação e adaptação podem afetar o sistema alimentar. Essas projeções culminam na

necessidade de uma expressiva elevação da produção agrícola condição a qual representa um significativo desafio para a sustentabilidade global bem como para a capacidade produtiva das áreas agrícolas, uma vez que os aumentos na produção terão um papel importante a desempenhar, entretanto serão restringidos pelos recursos finitos fornecidos pelos ecossistemas e pelo espaço limitado de produção (MARIN, 2014).

Cerca de uma década atrás, encontrava-se poucos estudos e discussões em relação à necessidade de aumento de produtividade em nível global, onde projeções realizadas por modelos computacionais apontavam a manutenção e até mesmo queda nos preços agrícolas (VAN ITTERSUM et al., 2013). Contudo, atualmente observa-se uma expressiva mudança dessa concepção, em que a manutenção do sistema de produção consequentemente poderá resultar em uma acentuada elevação dos preços de alimentos, bem como na fome do mundo e na pobreza (MARIN, 2014).

Logo, nas próximas décadas, cada unidade de área útil aproveitável para cultivo, necessitará ter uma produtividade significativamente maior que aquelas notadas atualmente. No Brasil, os setores com maiores necessidades de uso do solo serão mais pressionados pela disputa por terra, sendo que atualmente já ocorre essa disputa, cujo setor canavieiro é um dos principais influenciados, regiões onde há maiores concentrações de unidades sucroenergéticas conferem maiores valores de contratos de arrendamento, demonstrando uma elevada demanda por terra.

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes para a economia brasileira, por sua função na matriz energética do país, além da relevante geração de empregos, impulsionando o setor canavieiro (OLIVEIRA, 2009). A cultura destaca-se como fonte alternativa de energia (THOMPSON, 2008), diante de um cenário mundial de substituição de combustíveis fósseis, sendo o Brasil o maior produtor de cana-de-açúcar e seus derivados.

O Brasil tem uma vantagem comparativa para ajudar a atingir a demanda para a mitigação dos gases que causam o efeito estufa por causa da abundante disponibilidade de recursos, entretanto o nível de ganho de produtividade no país ao longo dos anos tem sido relativamente baixo, e a produtividade média permanece baixa se comparada ao nível de outros países produtores de cana de açúcar (Figura 1).

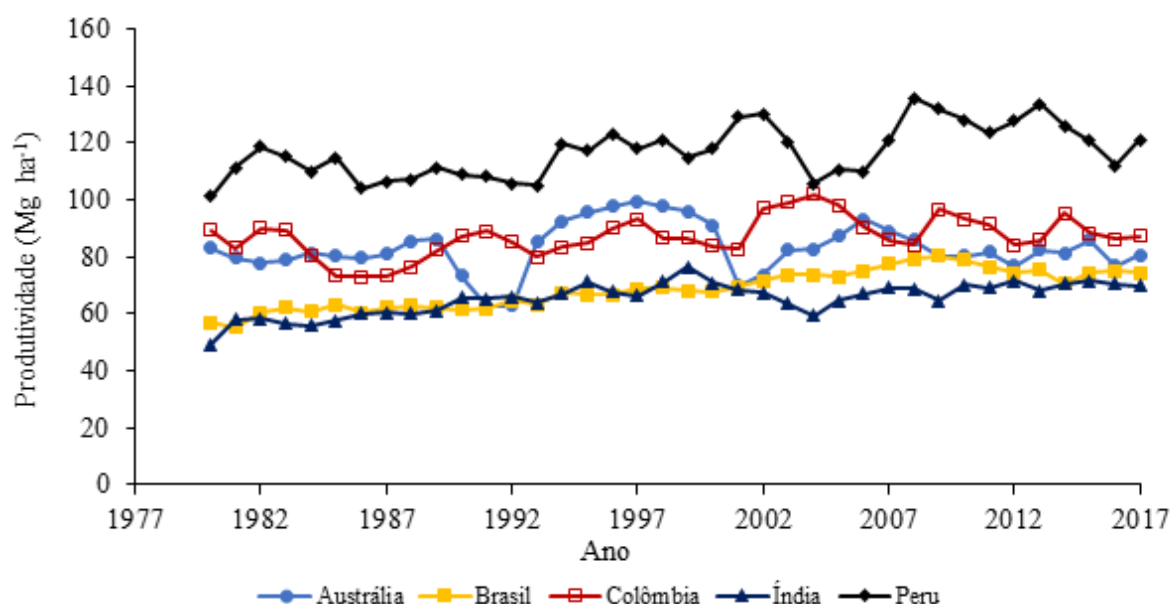


Figura 1: Tendências em produtividade em megagramas [Mg] por hectare [ha] em 5 países produtores de cana – de – açúcar no período de 1980 a 2017 (<http://faostat.fao.org>)

Resultados a partir de projeções realizadas em pesquisas sugerem que o Brasil tem potencial para atender um cenário de alta demanda com expansão modesta da área de cultivo em torno de +13% - ou até mesmo com uma redução de área em torno de 18% para um cenário de baixa demanda. No entanto, isso exigiria uma grande aceleração na taxa de ganho de eficiência agrícola em comparação com a tendência histórica, a

qual seria difícil alcançar na falta de pesquisas e esforços de extensão no setor canavieiro. Sendo a aceleração na taxa de ganho de eficiência agrícola o caminho para diminuir a necessidade por áreas agricultáveis, uma vez que se os rendimentos continuarem a aumentar conforme a trajetória histórica dos últimos 20 anos, uma expansão da área de cultivo de cana-de-açúcar de 5% e 45% será necessária para satisfazer os cenários de baixa e alta demanda por terra (MARIN et al., 2016).

LICKER et al., (2010) relatou que regiões do mundo têm maior potencial de incremento produtivo de forma sustentável se comparadas às outras, devido à fatores como melhores condições de solo, clima e pelo acesso à irrigação, em alguns casos. Sendo que a identificação das regiões com potenciais de incremento pode ser realizada a partir da quantificação do *yield-gap* e da eficiência agrícola, as quais são realizadas a partir da diferença e da razão entre a produtividade atual, ou seja, aquela observada em condições operacionais, e a produtividade potencial (Y_p), a qual também pode ser denominada produtividade atingível (Y_w), apenas limitada por deficiência hídrica.

Assim, a partir da aplicação do conceito do *yield-gap* e da eficiência de produção agrícola na gama do setor sucroenergético podem ser baseadas análises estratégicas de mercado, ou seja, análises sobre a trajetória de custos e preços futuros dos produtos derivados de cana-de-açúcar, da demanda e custo por novas áreas, competição com outras atividades pelo uso do solo, e a projeção de cenários agrícolas para a cana-de-açúcar brasileira, buscando-se prever como a influência mudanças nas regiões do país podem alterar as circunstâncias atuais (MARIN, 2014). Além disso, a identificação do *yield-gap* nas áreas produtivas pode auxiliar no processo de tomada de decisões e permite que técnicas de manejo mais adequadas sejam realizadas, contribuindo para canaviais mais eficientes, dessa forma o aumento da eficiência agrícola e consequente alcance da capacidade total de moagem das usinas poderiam reduzir a demanda por expansão de terra disponibilizando essas áreas para outras atividades agrícolas, de maneira a ampliar a gama de produção e atender as demandas de um mercado em um cenário oscilante.

Na agricultura, uma das ferramentas cientificamente aceitas para a execução de testes de hipóteses e a análise de impactos das mudanças climáticas é pelo uso de modelos de crescimento de plantas (MCP), do inglês, *process based crop model*. Os MCP's são uma representação matemática de um sistema agrícola e são considerados mecanísticos, por serem baseados em processos fisiológicos e físicos que ocorrem nas culturas, de maneira a oferecer respostas mais consistentes que modelos empíricos, cujas ferramentas são baseadas em situações de causa e efeito, com dificuldade para a extrapolação por normalmente estarem associados a características locais. Assim os MCP tornaram-se cada vez mais importantes nos últimos anos como ferramenta de ensino e pesquisa, ocupando lugar de destaque no âmbito científico (DOURADO-NETO et al., 1998).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho foi quantificar a eficiência agrícola de uma usina na escala de talhões, bem como determinar o *yield-gap* ao longo de 5 safras agrícolas e representar espacialmente os resultados na forma de mapas. Os objetivos específicos foram: (I) determinar a produtividade atual a partir de dados observados em campo, obter a produtividade potencial em nível de talhões através de simulações em um modelo de crescimento de plantas. II) Quantificar eficiência agrícola (E_f) e o *yield-gap* (Y_g) para a cana-de-açúcar, (III) espacialização dos resultados na forma de mapas para fins de comparação de resultados e localização de talhões onde houve déficit de produtividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A análise foi focada em quantificar a E_f a partir da estimativa de Y_w em talhões de cana de açúcar cujo cultivo foi realizado sem irrigação em uma usina no estado de São Paulo. Foram selecionadas 3 estações meteorológicas de referência (EAR), cuja abrangência foi medida através da proximidade dos talhões às estações a partir da ferramenta “*measure*” disponível no ArcGIS 10.5/ArcMap®. Dessa forma, a área de abrangência de cada EAR representou uma zona climática, disponibilizando dados de precipitação, temperatura e radiação em escala de talhão.

A Y_w foi simulada para cada talhão dentro das áreas de abrangência das EAR no período de 2013 a 2017 usando o modelo de crescimento de plantas DSSAT/CANEGRO (DC) (SINGELS et al. 2008). O DC é baseado nas descrições fisiológicas de crescimento da cana – de – açúcar e seus processos fisiológicos. No presente estudo, o modelo DC foi calibrado usando dados de campo para a cultivar RB867515, sendo uma das cultivares de cana – de - açúcar mais utilizadas no estado de São Paulo (PMGCA 2017). Descrições detalhadas do procedimento para a calibração do modelo podem ser encontradas em MARIN et al (2015).

As práticas de manejo para cada talhão (início da safra de cultivo, época de colheita e cultivar) e os ambientes de produção relacionados com os tipos de solo foram fornecidos pela usina parceira. Os dados de Y_a bem como o arquivo em formato *shapefile* contendo os dados geoespaciais foram disponibilizados.

O Y_g referente à cada talhão foi obtido através da equação (1) e a E_f foi quantificada através da equação 2:

$$Y_g = Y_w - Y_a \quad \text{Eq. (23)}$$

$$E_f = \frac{Y_a}{Y_w} \quad \text{Eq. (24)}$$

A Y_w , Y_a e Y_g foram expressas em massa fresca do colmo (SFM), em adição foi determinada a variação espacial de Y_a , Y_w , Y_g e E_f , sob a forma de mapas, além disso a variabilidade temporal de E_f foi analisada através do cálculo do coeficiente de variação (CV). Para quantificar a influência dos ambientes de produção na variabilidade da E_f , eles foram convertidos em classes de 1 a 5, e o coeficiente de correlação de Spearman (SRC) (SNEDECOR & COCHRAN, 1982) foi aplicado. Já correlacionar a eficiência com outros fatores, tais como variáveis meteorológicas foi utilizado o método de Pearson (PC) (SNEDECOR & COCHRAN, 1982). A influência causada por manejo cultural (MC) na E_f foi assumida como sendo um valor complementar da soma dos índices de correlação referentes ao ambiente de produção e variáveis climáticas ($MC = 1 - SRC - PC$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de Y_w estimada para cana – de – açúcar na usina foi de 102 Mg ha⁻¹. Dada a produtividade média atual Y_a de 72 Mg ha⁻¹, enquanto que a média de Y_g é 30 Mg ha⁻¹, a qual representa 29% de Y_w (Quadro 1) e 49% menor que a Y_g das principais regiões produtoras de cana – de – açúcar do estado de São Paulo, cuja média é em torno de 79,30 Mg ha⁻¹ conforme estimado por DIAS (2016). Além disso, a E_f tendeu à estabilidade durante período analisado, conforme foi indicada pelos pequenos valores interanuais de coeficiente de variação (CV; Tabela 1).

Tabela 1: Produtividade atingível (Y_w), produtividade atual (Y_a), yield – gap (Y_g) em megagramas por hectare e a eficiência agrícola (E_f) para 3 estações meteorológicas de referência (EAR) selecionada para análise da eficiência agrícola e yield – gap em nível de talhão.

Estação automática (código)	Y_w	Y_a	Y_g	E_f
EMR1	106,73	72,50	32,47	0,70 (25%)
EMR2	98,53	71,40	29,49	0,71 (24%)

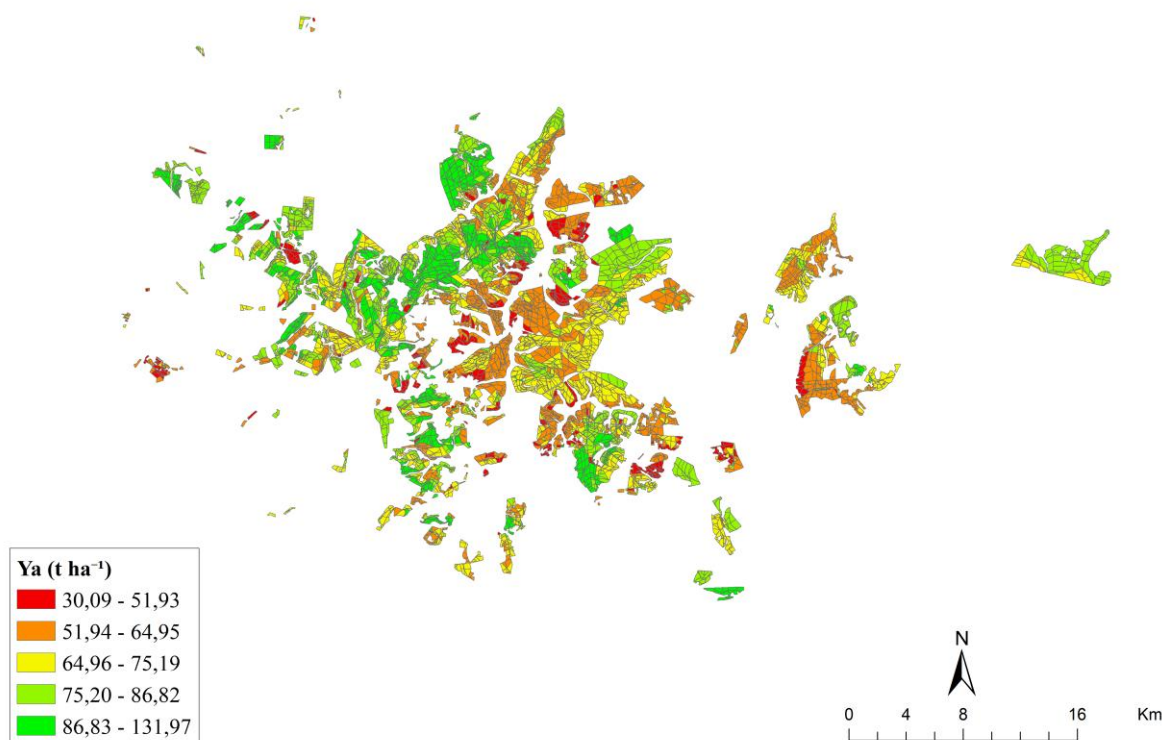
EMR3	100,23	77,14	27,27	0,73 (23%)
------	--------	-------	-------	------------

* Os valores em parênteses para Ef são referentes ao coeficiente de variação temporal

Dentre os três locais da usina para os quais foi determinada a eficiência, um local apresentou Ef de 0,73 e CV de 23%, enquanto os outros dois locais apresentaram menor Ef e maior CV. Dessa forma, houve uma relação inversa entre a Ef e a CV associada destacando talhões de alta produtividade e estabilidade de produção.

As Figuras 2a e 2b mostram a variação de Y_a e Y_w da produção de cana – de – açúcar em nível de talhão no período entre as safras 2013 e 2017. Houve uma variação substancial na média de Y_w através do período analisado em torno de 56,70 a 139,40 Mg por hectare. Entretanto observa-se talhões de baixa Y_a e superior Y_w simulada para os mesmos talhões, evidenciando a importância da realização de uma manutenção adequada nos canaviais. Contudo nos próximos anos, assumindo um ambiente econômico favorável ao setor canavieiro, devido às políticas do RenovaBio (AMARAL, 2018), bem como a tendência crescente do mix de etanol, a usina pode se tornar mais eficiente ao adaptar práticas de manejo ao clima e solo, provavelmente o déficit de produtividade poderá diminuir nesses talhões.

a



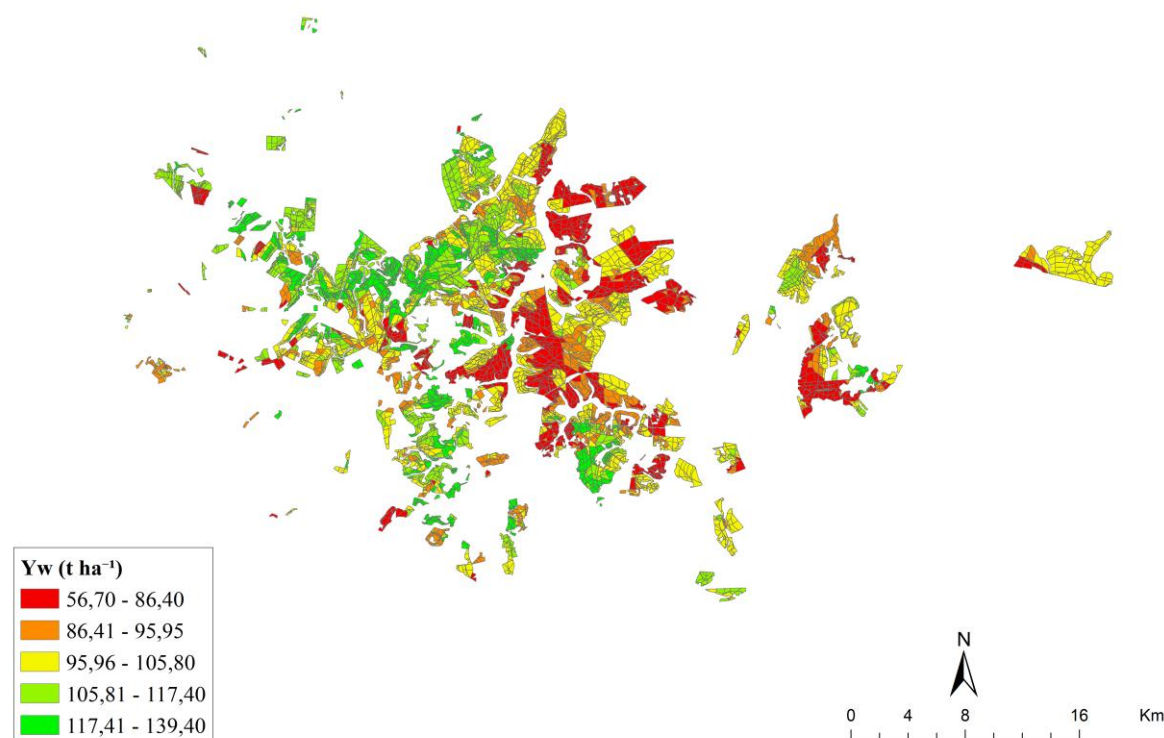
b

Figura 2: Mapas de (a) produtividade atual sob condições de sequeiro (Y_a ; em megagramas [Mg] por hectare [ha]) alcançada em condições operacionais e (b) produtividade atingível (Y_w ; em megagramas [Mg] por hectare [ha]) de uma usina produtora de cana – de –açúcar no estado de São Paulo entre as safras 2013 e 2017.

Os talhões localizados na região central e nordeste da usina exibem baixa Y_a (Figura 1a). Entretanto os baixos valores de Y_g (Figura 3) não podem ser explicados somente por técnicas de manejo inadequadas já que o intervalo de Y_w estimada para esses talhões apresenta baixo alcance, dessa forma fatores meteorológicos, traços genéticos que governam o período de crescimento e interceptação de luz, podem ter influenciado nesses valores.

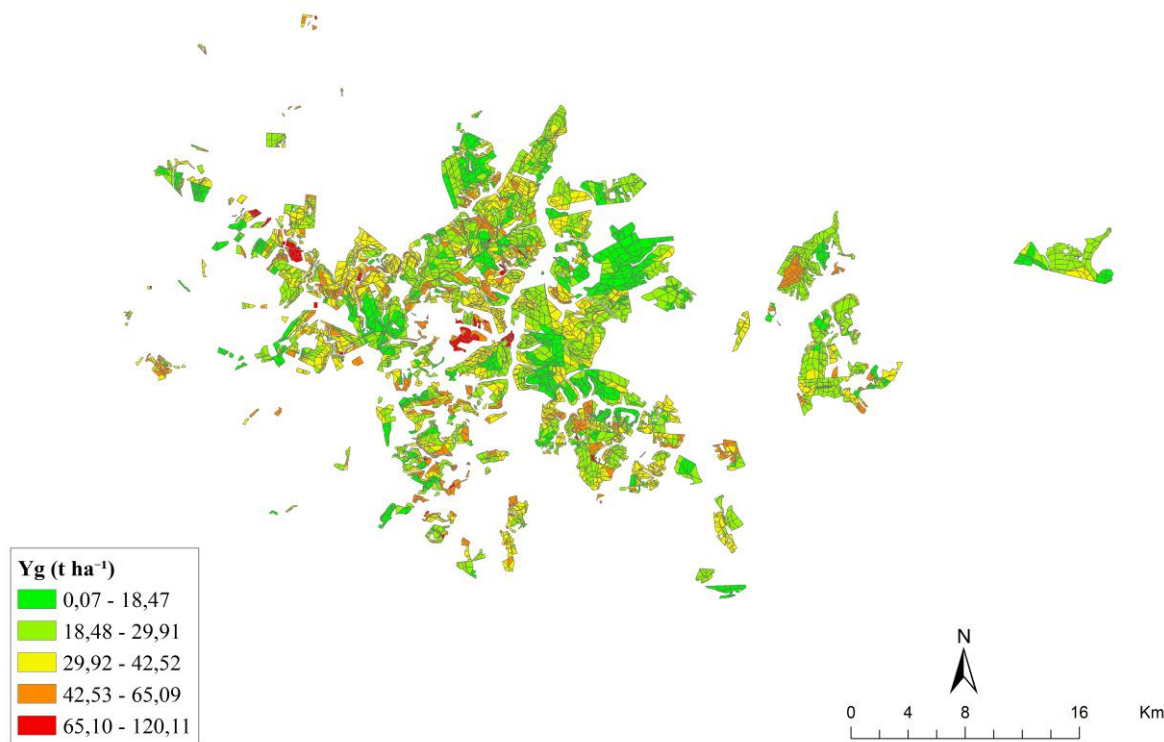


Figura 3: Mapa de yield – gap (Y_g ; em megagramas [Mg] por hectare [ha]) de uma usina produtora de cana – de -açúcar no estado de São Paulo entre as safras 2013 e 2017.

No geral a Ef média da usina foi 70%, diminuindo de 76% para 70% através do período analisado (Figura 4). Na safra de 2014/2015 os talhões apresentaram Ef em torno de 68%, cujo valor abaixo da média pode ter ocorrido devido à crise hídrica ocorrida em todo o estado de São Paulo (NOBRE., et al 2016) nesse período. Além disso houve um declínio de 4% na eficiência entre o período de 2015 a 2017, sendo que investimentos insuficientes em renovação e manutenção do canavial e o conseqüente envelhecimento das lavouras podem ter levado à queda do índice de produtividade, fato igualmente ocorrido em muitas regiões do país, incluindo nas principais localidades produtoras de cana nos últimos anos.

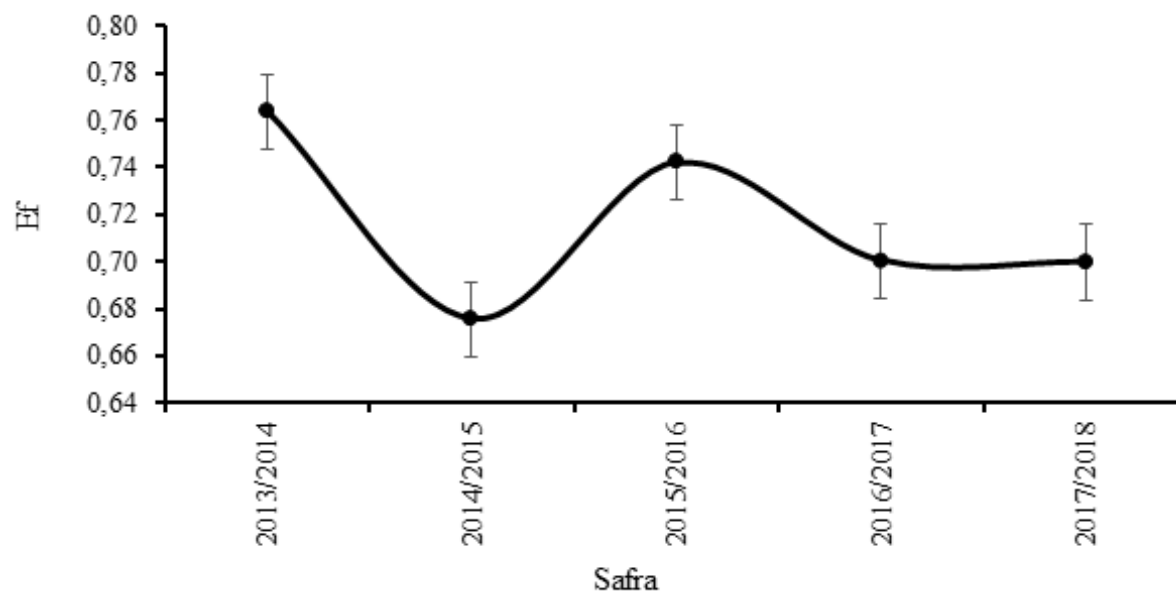


Figura 4: Variação da eficiência agrícola média no tempo em nível de talhão

Houve uma alta amplitude dos dados referentes à Ef através dos talhões, com alcance de valores entre 0,28 e 0,98 (Figura 5), sendo que a baixa eficiência produtiva ocorrida em certos talhões e sua alta Yw simulada, evidenciam necessidade de potencial de incremento. Além disso dentre os fatores que influenciaram a variabilidade da Ef, aqueles relacionados ao manejo (variedade, doenças, pragas etc.) contaram com 40% na variabilidade, entretanto dentre os componentes do manejo, a idade do canavial e a época de colheita apresentaram correlação negativa de 27% e 8% respectivamente, ou seja, houve uma relação inversa entre a Ef e esses fatores, que podem ser explicados por alguns talhões apresentarem canaviais antigos, em torno de 20 anos e pela colheita realizada em épocas inadequadas. O clima explicou 52% da variabilidade da Ef e os ambientes de produção 8%. Logo, os ambientes de produção mais os fatores climáticos relacionados contaram com 60% da variabilidade da Ef.

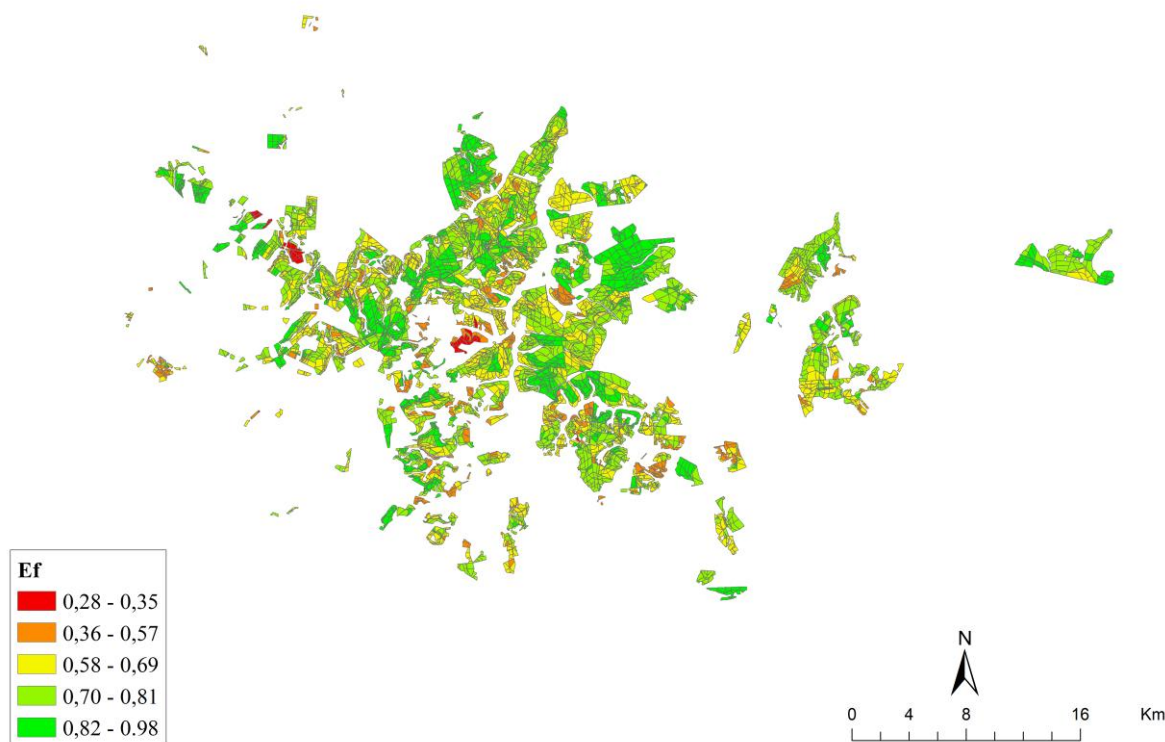


Figura 5: *Variação espacial da eficiência agrícola em nível de talhão em uma usina produtora de cana – de – açúcar no estado de São Paulo no período de 2013 a 2017.*

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O estudo consegue estimar a eficiência agrícola e o *yield-gap* em nível de talhão. Fatores climáticos contaram com 52% da variabilidade da eficiência da cana – açúcar, seguido de 40% de fatores relacionados ao manejo e 8% relacionados ao ambiente de produção. Os resultados sugerem que a usina, apesar de apresentar talhões com eficiência acima da média do estado de São Paulo, possui áreas com potencial de incremento e necessidade de melhorias com relação ao manejo cultural.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Cnpq, processo 130972/2019-3, pela bolsa de Mestrado, aos projetos FAPESP 2017/20925-0 e 17/50445-0 e CNPq grant 301424/2015, 401662/2016, 425174/2018 e 300916/2018 e ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP pela infraestrutura para realização desta pesquisa

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AMARAL, Aurélio. **Regulação do RenovaBio**. RENOVBIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2018. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/images/Palestras/regulacao_renovabio.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2019

DIAS, Henrique Boriolo. **Intercomparação de modelos de simulação da cana-de-açúcar e seu uso na avaliação da quebra de produtividade e dos impactos da irrigação em diferentes regiões do Brasil**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-0908201183011/en.php>>. Acesso em: 19 mar. 2019

DOURADO-NETO, Durval et al. Principles of crop modeling and simulation: I. Uses of mathematical models in agricultural science. *Scientia Agricola*, v. 55, n. SPE, p. 46-50, 1998. Disponível em: < <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-90161998000500010&script=sciarttext>>. Acesso em: 19 mar. 2019

FAOSTAT, Data. Food and agriculture organization of the United Nations. **Statistical database**, 2019. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> > Acesso em: 19 mar. 2019

GODFRAY, John H.C.; BEDDINGTON, John R.; CRUTE, Ian R. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, Washington, v. 327, p.812–818.2010. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/327/5967/812>>. Acesso em: 19 mar. 2019

LICKER, Rachel et al. Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the ‘yield gap’ of croplands around the world?. *Global ecology and biogeography*, v. 19, n. 6, p. 769-782, 2010. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1466-8238.2010.00563.x>>. Acesso em: 19 mar. 2019

MARIN, Fábio Ricardo. et al. Sugarcane model intercomparison: Structural differences and uncertainties under current and potential future climates. *Environmental Modelling & Software*, v.72, p. 372-386, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215000766>>. Acesso em: 19 mar. 2019

MARIN, Fábio Ricardo. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em< <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-22082014-112751/pt-br.php>>. Acesso em: 19 mar. 2019

MARIN, Fábio Ricardo. et al. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. *Revista de Política Agrícola*, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1160>>. Acesso em: 19 mar. 2019

NOBRE, Carlos A. et al. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 8, n. 02, p. 252, 2016. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Jose_Marengo/publication/296642045_Some_Characteristics_and_Impacts_of_the_Drought_and_Water_Crisis_in_Southeastern_Brazil_during_2014and2015/links/56ddae4708aedf2bf0c864db.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2019

OLIVEIRA, Fabíola Cristina Ribeiro de. Ocupação, emprego e remuneração na cana-de-açúcar e em outras atividades agropecuárias no Brasil, de 1992 a 2007 (R. Hoffmann, Ed.). Piracicaba. **Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP**, 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-14042009/FabiolaOliveira.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2019.

PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR (PMGCA) (2017). **Censo varietal 2017**. Disponível em: <<http://www.pmgca.ufscar.br/arquivos/downloads/censo-varietal-2017.pdf>> Acesso em: 19 mar. 2019.

SINGELS, Jones M.; VAN DEN BERG, M. DSSAT v4. 5-Canegro Sugarcane Plant Module. **South African Sugarcane Research Institute**, 2008. Disponível em:https://www.researchgate.net/profile/A_Singels/publication/284409805_DSSAT_v45_Canegro_Sugarcane_Plant_Module_Scientific_documentation/links/5652d02508ae1ef9297597f8/DSSAT-v45-Canegro-Sugarcane-Plant-Module-Scientific-documentation.pdf> Acesso em: 19 mar. 2019.

SNEDECOR, George W.; COCHRAN, W. G. Statistical methods. 2nd printing. **Iowa State Univ., Press, Ames, USA, pp507**, 1982.

THOMPSON, Paul B. The agricultural ethics of biofuels: a first look. **Journal of agricultural and environmental ethics**, v. 21, n. 2, p. 183-198, 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10806-007-9073-6>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

VAN ITTERSUM, Martin K. et al. Yield gap analysis with local to global relevance — a review. **Field Crops Research**, v. 143, p. 4-17, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037842901200295X>>. Acesso em: 19 mar. 2019

ESTIMATIVA DO POTENCIAL E LACUNAS DE PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL

Charles Patrick de Oliveira de Freitas¹; Nereu Augusto Streck²; Moises de Freitas do Nascimento³; Simone Puntel³; Luíza Brum Rodrigues³

Autor para correspondência: charlespatrick2010@hotmail.com

¹Estudante de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS; ²Orientado, Professor do Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS; ³Estudante de Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS

RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura importante a nível mundial, pois compõem a base alimentar em países subdesenvolvidos. As projeções para as próximas décadas é que a população mundial aumentará substancialmente, impulsionando a demanda por alimentos, pressionando a ter maior eficiência no seu sistema produtivo. Diante deste cenário o presente trabalho visa estimar o potencial e as lacunas de produtividade para a cultura da mandioca em diferentes níveis tecnológicos, e identificar os principais fatores bióticos e de manejo que limitam ou reduzem a produtividade no RS. O experimento de níveis tecnológico na cultura da mandioca foi conduzido na Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida, em São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS e o modelo Simanihot foi utilizado para estimar o potencial de produtividade. Observou-se que existem lacunas de produtividade entre o PP da cultura, os NTs e a média do estado do RS, sugerindo que, há espaço para melhorar as produtividades de mandioca no RS.

PALAVRAS-CHAVE: Manihot esculenta; níveis tecnológicos; lacuna de produtividade

ESTIMATION OF THE POTENTIAL AND YIELD GAP OF CASSAVA IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important crop worldwide, as it makes up the food base in underdeveloped countries. Projections for the coming decades are that the world's population will increase substantially, boosting demand for food, pushing for greater efficiency in its production system. In view of this scenario, the present work aims to estimate the yield potential and yield gaps for the cassava crop at different technological levels, and to identify the main biotic and management factors that limit or reduce productivity in RS. The experiment of technological levels in the cassava crop was conducted at the State School of Elementary Education of Nossa Senhora Aparecida, in São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS and the Simanihot model was used to estimate the productivity potential. It was observed that there are productivity gaps between the PP of the crop, NTs and the mean of the state of RS, suggesting that there is space to improve cassava productivities in RS.

KEY-WORDS: Manihot esculenta; technological levels; yield gap

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura importante a nível mundial, pois compõem a base alimentar em países subdesenvolvidos. Além de ser importante para a segurança e soberania alimentar, a mandioca apresenta impactos socioeconômicos em países em desenvolvimento, pois é considerada a principal cultura da agricultura familiar (BEZERRA, 2014). No atual cenário, aumenta a importância desta cultura, pois há projeção do aumento da população mundial. Estima-se que durante as próximas décadas a população mundial passará dos atuais 7,6 bilhões, para aproximadamente 9,8 bilhões de habitantes até 2050, impulsionando a demanda por alimentos em 50% (FAO, 2017), pressionando os produtores a ter maior eficiência no seu sistema produtivo, através do aumento de produtividade (MARCON et al., 2017).

Apesar do contínuo aumento da produtividade média da mandioca no RS, ainda há uma considerável diferença entre as produtividades medidas em experimentos ($32,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) (TIRONI, 2015) e da produtividade média atual no Rio Grande do Sul (RS) ($17,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) (IBGE, 2019). Esta lacuna é um incentivo para continuar os esforços científicos visando minimizá-la. O potencial de produtividade (PP) é a produtividade influenciada apenas por radiação solar, temperatura, CO_2 atmosférico e características genéticas, sem restrição de nutrientes e água e sem estresses bióticos (VAN ITTERSUM et al., 2013; GRASSINI et al., 2015). A lacuna de produtividade (LP), do inglês *yield gap*, é a diferença entre PP e as produtividades médias dos agricultores (PM) (LOBELL et al., 2009).

Estudos sobre lacuna de produtividade vêm aumentando nos últimos anos, motivados pela crescente demanda mundial de alimentos e de energia para atender ao aumento populacional e de renda em muitos países (FERMONT et al., 2009; GRASSINI et al., 2015). Os estudos de lacunas de produtividade permitem identificar os principais fatores de manejo que limitam o aumento da produtividade dos agricultores e direcionar novas linhas de pesquisa, além de aprimorar as atuais práticas de manejo (VAN ITTERSUM et al., 2013). Nesse sentido, a mandioca por tratar de uma cultura com alta capacidade de estabelecimento em solos pouco fértil, ácido e apresentar tolerância à seca (TIRONI et al., 2015) é cultivada sob nível tecnológico (NT) baixo no RS, ocupando áreas marginais nas propriedades, recebendo poucos manejos (adubação, controle de plantas daninhas, data de plantio), o que resulta em baixas produtividades. Neste contexto, é importante conhecer o potencial de produtividade da cultura da mandioca e as lacunas de produtividade que existem nas lavouras sob diferentes NTs.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Estimar o potencial e as lacunas de produtividade para a cultura da mandioca em diferentes níveis tecnológicos, e identificar os principais fatores bióticos e de manejo que limitam ou reduzem a produtividade no RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Experimento a campo: Níveis Tecnológicos (NT)

O experimento foi conduzido na Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida, em São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS ($29^{\circ}26'03.4''\text{S } 53^{\circ}31'52.9''\text{W}$). Segundo climatologia de Köppen, o clima da região é Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida. O solo do local é um Argissolo caracterizado por apresentar textura média, profundidades que variam em torno de 1 metro, média fertilidade natural e boa drenagem (STRECK et al., 2008). O plantio foi no dia 24 de outubro de 2017 utilizando a cultivar Vassourinha, com espaçamento de $0,8 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$, utilizando manivas com 5 a 7 gemas. Foram definidos três NT: baixo, médio e alto (Tabela 1) e cada parcela recebeu um NT. O preparo do solo realizado foi convencional, a adubação nos devidos tratamentos foi realizada na base utilizando a formulação N-P-K (5-20-20) e aplicou-se o restante do nitrogênio recomendado, na forma de uréia quando as plantas apresentaram em torno de 25-30 folhas. Os experimentos foram conduzidos visando obter o potencial de produtividade da cultura da mandioca para cada NT.

Tabela 1. Caracterização dos níveis tecnológicos (baixo, médio e alto) dos experimentos conduzidos pela Equipe Simanihot, no estado do Rio Grande do Sul.

	T1 – NT baixo	T2 – NT médio	T3 – NT alto
Calagem	ñ aplica	ñ aplica	Aplica*
Adubação	ñ aplica	½ dose (ROLAS, 2016)	1 dose (ROLAS, 2016)
Inseticida	ñ aplica	ñ aplica	Aplica**
Fungicida	ñ aplica	ñ aplica	Aplica**
Herbicida	ñ aplica	ñ aplica	Pré-emergente
Nº de capinas	2 X	3X	Mantém-se limpo

* Aplica-se calcário quando os teores de Ca < 4,0 cmol_cdm³ e Mg < 2,0 cmol_cdm³).

** Aplica-se inseticida e fungicida quando tiver ocorrência de pragas ou doenças.

A colheita foi realizada no dia foi no dia 26 de junho de 2018, onde foram coletas 20 plantas por tratamentos (16 m²) para a determinação de massa seca (MS) de raízes. A MS foi determinada pelo método de secagem em estufa (60 °C ± 5°C) com ventilação forçada, baseado no processo de remoção da água por aquecimento, ficando em estufa até a obtenção de massa constante.

Estimativa do potencial e das lacunas de produtividade

Para a estimativa do PP foi utilizado o modelo Simanihot. O modelo foi rodado para as datas de plantio a cada quinze dias de 01/09 até 30/11, para determinar o período com maior PP no ano agrícola 2017/2018, com a cultivar Fepagro RS13, na população de plantas de 12500 plantas.ha⁻¹. O modelo foi rodado utilizando os dados meteorológicos da estação automática do INMET de Santa Maria.

A estimativa das lacunas de produtividade (LP) foi determinada pelas diferenças entre o potencial de produtividade (PP) e a produtividade de cada NT, em relação a produtividade média do estado (PM) (LOBELL et al., 2009):

$$(1) \quad LP_M = PP_M - PM$$

$$(2) \quad LP_{EA} = PNTa - PM$$

$$(3) \quad LP_{EM} = PNTm - PM$$

$$(4) \quad LP_{EB} = PNTb - PM$$

em que, LP_M é a lacuna de produtividade entre o potencial de produtividade estimado pelo modelo Simanihot (PP_M) e a média do estado (PM), LP_{EA} é a lacuna de produtividade entre a produtividade do NT alto (PNTa) e a PM e LP_{EM} é a lacuna de produtividade entre a produtividade do NT médio (PNTm) e a PM, LP_{EB} é a lacuna de produtividade entre a produtividade do NT baixo (PNTb) e a PM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

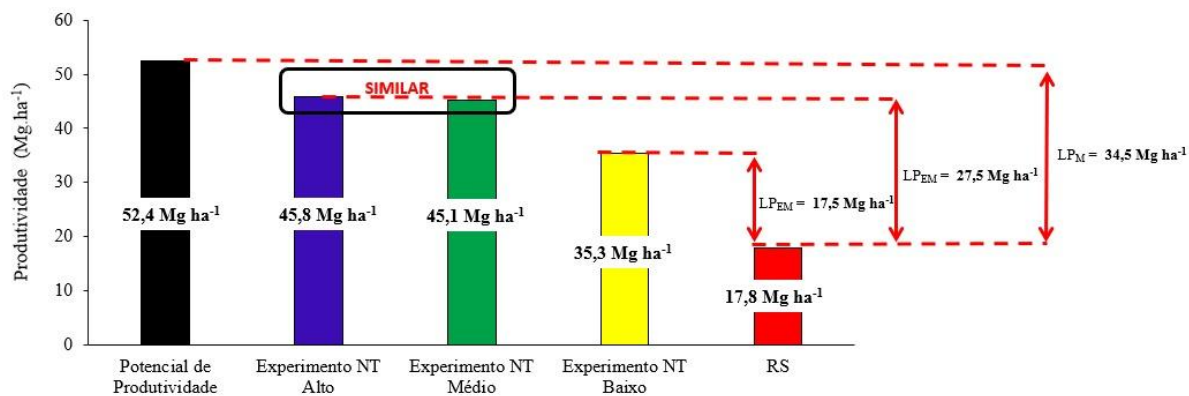


Figura 1: Potencial de produtividade do modelo (PPM) (barra preta); produtividade do experimento NT alto (PNTa) (barra azul); produtividade do experimento NT médio (PNTm) (barra verde); produtividade do experimento NT baixo (PNTb) (barra amarela); produtividade média do Rio Grande do Sul (PM) (barra vermelha) e lacunas de produtividade. As diferentes lacunas de produtividade (LP) estão indicadas no lado direito da figura: LPM = lacuna de produtividade com base no modelo Simanihot; LPEA = lacuna de produtividade com base em experimentos do NT alto; LPEM = lacuna de produtividade com base em experimentos do NT médio e LPEB = lacuna de produtividade com base em experimentos do NT baixo.

O potencial de produtividade simulado pelo modelo Simanihot foi de $52,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, similar ao encontrado na África Oriental, por OBIERO (2004) que reportou uma produtividade que variou de 50 a 60 Mg ha^{-1} . COCK et al. (1979) relata que o genótipo de mandioca ideal para atingir o PP tem que apresentar ramificação tardia, folhas grandes e com baixa taxa de senescência, tendo produtividades entre 75 a 90 Mg ha^{-1} . Deste modo, tem-se um ponto de partida valioso a partir do qual deve-se investigar e resolver as restrições de produtividade da mandioca no estado do RS. Em relação, a produtividade obtida nos experimentos com NT alto e NT médio foi observado uma semelhança, com diferença menor que $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, indicando que os manejos realizados foram muito próximos, sendo $45,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ a máxima produtividade alcançada, representando 87,4% do PP, mostrando que existe efeito de época de plantio. Enquanto que a produtividade obtida no NT baixo nos experimentos ficou 22,3% abaixo da reportada nos experimentos com NT alto e NT médio (Figura 1), inferindo que a adubação e o número de capinas foram fatores que reduziram a produtividade.

Foi observado lacunas agrônomicas de $28,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, $27,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $17,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ em relação a produtividade média do RS, representando 61,1%, 60,5% e 49,6% menor que a produtividade dos experimentos conduzidos com NT alto, médio e baixo (Figura 1), expondo a necessidade de melhorias no manejo das lavouras de mandioca do estado do RS para aumentar a PM. Comparando a PM do estado ($17,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) e a produtividade dos experimentos, podemos identificar rapidamente a produtividade atingível (NT baixo - $35,3 \text{ Mg ha}^{-1}$), sem que os agricultores tenham alto investimento, ou seja, utilizando práticas de manejo, tecnologias existentes, e investimentos mínimos para fechar esta lacuna de produtividade. Desta forma, as lacunas de produtividades podem ser reduzidas utilizando ótimas práticas de manejo no RS, como: época de plantio, controle de plantas daninhas, calagem e adubação. Isto fornece um estudo de caso interessante para investigar e explicar as lacunas de produtividade de mandioca de uma maneira comparativa usando dados a nível de experimentos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Houve diferença entre as lacunas de produtividade que variaram de $17,5$ a $34,6 \text{ Mg ha}^{-1}$, sugerindo que, há espaço para melhorar as produtividades de mandioca no RS.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul (EMATER/ASCAR-RS) e Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida, de São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BEZERRA, Francisco de Assis Pinto. Declínio da produção de mandioca: os impactos econômicos no município de Santa Izabel, estado do Pará. **Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, p. 17-41, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/download/1480/2290>>. Acesso em: 25 maio 2019.

COCK, James H. **La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240 p.

FERMONT, A.M.; VAN ASTEN, P.J.A.; TITTONELL, P.; VAN WIJK, M.T.; GILLER, K.E. Closing the cassava yield gap: an analysis from small holder farms in East Africa. **Field Crops Research**, v.112, p. 24–36, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – (FAO). **Publications**. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em 21 de dezembro de 2017.

GRASSINI, P.; TORRION, J.A.; YANG, H.S.; REES, J.; ANDERSEN, D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, v.179, p.150-163, 2015.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em 17 de maio de 2019.

LOBELL, David B.; CASSMAN, Kenneth G.; FIELD Christopher B. Crop yield gaps: their importance, magnitudes and causes. **Review of Environment and Resources**, v. 34, p. 179-204, 2009.

MARCON, Evelin Cristina; ROMIO, Samara Cristina; MACCARI, Vinícius Mateus; KLEIN, Claudia; LÁJUS, Cristiano Reschke. Uso de diferentes fontes de nitrogênio na cultura da soja. **Revista Them**, v. 14, n. 2, p. 298-308, 2017.

OBIERO, H. M. **Multiplicação acelerada da mandioca e distribuição de materiais de plantio no oeste do Quênia. Em: Programa de Emergência para Combater o Pandemia do Mosaico da Mandioca na África Oriental e Central**. Procedimentos do Quinta Reunião Regional de Partes Interessadas, Bukoba, Tanzânia, 10-12, pp. 15-23. 2004.

STRECK, Edeimar Valdir. et al. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008.

TIRONI, Fernandes Tironi; UHLMANN, Lilian Osmari; STRECK, Nereu Augusto; SAMBORANHA, Flávia Kaufmann; FREITAS, Charles Patrick de Oliveira; SILVA, Michel Rocha. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v.74, n. 1, p.58-66, 2015.

VAN ITTERSUM, Martin K.; CASSMAN, Kenneth G.; GRASSINI, Patricio; WOLF Joost; TITTONELL, Pablo; HOCHMAN, Zvi. Yield gap analysis with local to global relevance - A review. **Field Crops Research**, v.143, p.4–17, 2013.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL E LACUNAS DE PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL

Charles Patrick de Oliveira de Freitas¹; Nereu Augusto Streck²; Moises de Freitas do Nascimento³; Simone Puntel³; Luíza Brum Rodrigues³

Autor para correspondência: charlespatrick2010@hotmail.com

¹Estudante de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS; ²Orientado, Professor do Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS; ³Estudante de Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS

RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura importante a nível mundial, pois compõem a base alimentar em países subdesenvolvidos. As projeções para as próximas décadas é que a população mundial aumentará substancialmente, impulsionando a demanda por alimentos, pressionando a ter maior eficiência no seu sistema produtivo. Diante deste cenário o presente trabalho visa estimar o potencial e as lacunas de produtividade para a cultura da mandioca em diferentes níveis tecnológicos, e identificar os principais fatores bióticos e de manejo que limitam ou reduzem a produtividade no RS. O experimento de níveis tecnológico na cultura da mandioca foi conduzido na Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida, em São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS e o modelo Simanihot foi utilizado para estimar o potencial de produtividade. Observou-se que existem lacunas de produtividade entre o PP da cultura, os NTs e a média do estado do RS, sugerindo que, há espaço para melhorar as produtividades de mandioca no RS.

PALAVRAS-CHAVE: Manihot esculenta; níveis tecnológicos; lacuna de produtividade

ESTIMATION OF THE POTENTIAL AND YIELD GAP OF CASSAVA IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important crop worldwide, as it makes up the food base in underdeveloped countries. Projections for the coming decades are that the world's population will increase substantially, boosting demand for food, pushing for greater efficiency in its production system. In view of this scenario, the present work aims to estimate the yield potential and yield gaps for the cassava crop at different technological levels, and to identify the main biotic and management factors that limit or reduce productivity in RS. The experiment of technological levels in the cassava crop was conducted at the State School of Elementary Education of Nossa Senhora Aparecida, in São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS and the Simanihot model was used to estimate the productivity potential. It was observed that there are productivity gaps between the PP of the crop, NTs and the mean of the state of RS, suggesting that there is space to improve cassava productivities in RS.

KEY-WORDS: Manihot esculenta; technological levels; yield gap

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura importante a nível mundial, pois compõem a base alimentar em países subdesenvolvidos. Além de ser importante para a segurança e soberania alimentar, a mandioca apresenta impactos socioeconômicos em países em desenvolvimento, pois é considerada a principal cultura da agricultura familiar (BEZERRA, 2014). No atual cenário, aumenta a importância desta cultura, pois há projeção do aumento da população mundial. Estima-se que durante as próximas décadas a população mundial passará dos atuais 7,6 bilhões, para aproximadamente 9,8 bilhões de habitantes até 2050, impulsionando a demanda por alimentos em 50% (FAO, 2017), pressionando os produtores a ter maior eficiência no seu sistema produtivo, através do aumento de produtividade (MARCON et al., 2017).

Apesar do contínuo aumento da produtividade média da mandioca no Rio Grande do Sul (RS), ainda há uma considerável diferença entre as produtividades medidas em experimentos ($32,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) (TIRONI, 2015) e a produtividade média atual no RS ($17,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) (IBGE, 2019). Esta lacuna é um incentivo para continuar os esforços científicos visando minimizá-la. O potencial de produtividade (PP) é a produtividade influenciada apenas por radiação solar, temperatura, CO_2 atmosférico e características genéticas, sem restrição de nutrientes e água e sem estresses bióticos (VAN ITTERSUM et al., 2013; GRASSINI et al., 2015). A lacuna de produtividade (LP), do inglês *yield gap*, é a diferença entre PP e as produtividades médias dos agricultores (PM) (LOBELL et al., 2009).

Estudos sobre lacuna de produtividade vêm aumentando nos últimos anos, motivados pela crescente demanda mundial de alimentos e de energia para atender ao aumento populacional e de renda em muitos países (GRASSINI et al., 2015). Os estudos de lacunas de produtividade permitem identificar os principais fatores de manejo que limitam o aumento da produtividade dos agricultores e direcionar novas linhas de pesquisa, além de aprimorar as atuais práticas de manejo (VAN ITTERSUM et al., 2013). Nesse sentido, a mandioca por tratar de uma cultura com alta capacidade de estabelecimento em solos pouco fértil, ácido e apresentar tolerância à seca (TIRONI et al., 2015) é cultivada sob nível tecnológico (NT) baixo no RS, ocupando áreas marginais nas propriedades, recebendo poucos manejos (adubação, controle de plantas daninhas, data de plantio), o que resulta em baixas produtividades. Neste contexto, é importante conhecer o potencial de produtividade da cultura da mandioca e as lacunas de produtividade que existem nas lavouras sob diferentes NTs.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Estimar o potencial e as lacunas de produtividade para a cultura da mandioca em diferentes níveis tecnológicos, e identificar os principais fatores bióticos e de manejo que limitam ou reduzem a produtividade no RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida, em São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS ($29^{\circ}26'03.4''\text{S } 53^{\circ}31'52.9''\text{W}$). Segundo climatologia de Köppen, o clima da região é Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida. O solo do local é um Argissolo caracterizado por apresentar textura média, profundidades que variam em torno de 1 metro, média fertilidade natural e boa drenagem (STRECK et al., 2008). O plantio foi no dia 24 de outubro de 2017 utilizando a cultivar Fepagro RS13, com espaçamento de 0,8 m x 1,0 m, utilizando manivas com 5 a 7 gemas. Foram definidos três NTs: baixo, médio e alto (Tabela 1) e cada parcela recebeu um NT. O preparo do solo realizado foi convencional, a adubação nos devidos tratamentos foi realizada na base utilizando a formulação N-P-K (5-20-20) e aplicou-se o restante do nitrogênio recomendado, na forma de uréia quando as plantas apresentaram em torno de 25-30 folhas. Os experimentos foram conduzidos visando obter o potencial de produtividade da cultura da mandioca para cada NT.

Tabela 1. Caracterização dos níveis tecnológicos (baixo, médio e alto) dos experimentos conduzidos pela Equipe Simanihot, no estado do Rio Grande do Sul.

	T1 – NT baixo	T2 – NT médio	T3 – NT alto
--	---------------	---------------	--------------

Calagem	ñ aplica	ñ aplica	Aplica*
Adubação	ñ aplica	½ dose (ROLAS, 2016)	1 dose (ROLAS, 2016)
Inseticida	ñ aplica	ñ aplica	Aplica**
Fungicida	ñ aplica	ñ aplica	Aplica**
Herbicida	ñ aplica	ñ aplica	Pré-emergente
Nº de capinas	2 X	3X	Mantém-se limpo

* Aplica-se calcário quando os teores de Ca < 4,0 cmol_cdm³ e Mg < 2,0 cmol_cdm³).

** Aplica-se inseticida e fungicida quando tiver ocorrência de pragas ou doenças.

A colheita foi realizada no dia 26 de junho de 2018, onde foram coletadas 20 plantas por tratamentos (16 m²) para a determinação de massa seca (MS) de raízes. A MS foi determinada pelo método de secagem em estufa (60 °C ± 5°C) com ventilação forçada, baseado no processo de remoção da água por aquecimento, ficando em estufa até a obtenção de massa constante.

Estimativa do potencial e das lacunas de produtividade

Para a estimativa do PP foi utilizado o modelo Simanihot. O modelo foi rodado quinzenalmente para as datas de plantio de 01/09 até 30/11, para determinar o período com maior PP no ano agrícola 2017/2018, com a cultivar Fepagro RS13, na população de plantas de 12500 plantas.ha⁻¹. O modelo foi rodado utilizando os dados meteorológicos da estação automática do INMET de Santa Maria.

A estimativa das lacunas de produtividade (LP) foi determinada pelas diferenças entre o potencial de produtividade (PP) e a produtividade de cada NT, em relação a produtividade média do estado (PM) (LOBELL et al., 2009):

$$(1) \quad LP_M = PP_M - PM$$

$$(2) \quad LP_{EA} = PNTa - PM$$

$$(3) \quad LP_{EM} = PNTm - PM$$

$$(4) \quad LP_{EB} = PNTb - PM$$

em que, LP_M é a lacuna de produtividade entre o potencial de produtividade estimado pelo modelo Simanihot (PP_M) e a média do estado (PM), LP_{EA} é a lacuna de produtividade entre a produtividade do NT alto (PNTa) e a PM e LP_{EM} é a lacuna de produtividade entre a produtividade do NT médio (PNTm) e a PM, LP_{EB} é a lacuna de produtividade entre a produtividade do NT baixo (PNTb) e a PM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

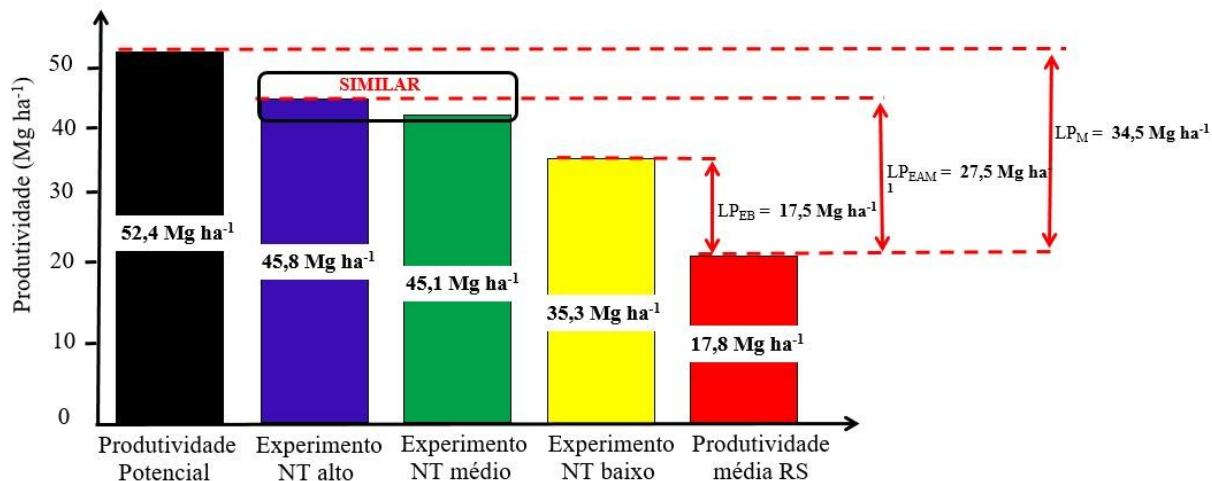


Figura 1 - Lacunas de produtividade de culturas agrícolas segundo LOBELL et al. (2009). A produtividade potencial foi simulado com base no modelo Simanihot; produtividade estimada em experimentos de campo sob níveis de tecnologia alto, médio e baixo; produtividade média do estado do Rio Grande do Sul (RS) que foi obtida a partir dos dados da CONAB, 2019.

O potencial de produtividade simulado pelo modelo Simanihot foi de $52,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, similar ao encontrado na África Oriental, por OBIERO (2004) que reportou uma produtividade que variou de 50 a 60 Mg ha^{-1} . Além disso, COCK et al. (1979) relataram que o genótipo de mandioca ideal para atingir o PP tem que apresentar ramificação tardia, folhas grandes e com baixa taxa de senescência, resultando em produtividades entre 75 a 90 Mg ha^{-1} . Deste modo, tem-se um ponto de partida valioso a partir do qual deve-se investigar e resolver as restrições de produtividade da mandioca no estado do RS. Em relação, a produtividade obtida nos experimentos com NT alto e NT médio foi observado uma similaridade (diferença menor que $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) indicando que os manejos realizados foram muito próximos, sendo $45,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ a máxima produtividade alcançada, representando 87,4% do PP, o que mostra que existe efeito de época de plantio. Enquanto que a produtividade obtida nos experimentos com NT baixo teve sua produtividade 22,3% menor da reportada nos experimentos com NT alto e NT médio (Figura 1), inferindo que a adubação e o número de capinas foram fatores que reduziram a produtividade.

Foi observado lacunas agrônômicas que variaram de $28,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $17,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ em relação a produtividade média do RS (Figura 1), expondo a necessidade de melhorias no manejo das lavouras de mandioca do estado do RS para aumentar a PM. Comparando a PM do estado ($17,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) e a produtividade dos experimentos, podemos identificar que é possível os produtores aumentarem suas produtividades até o nível tecnológico baixo fazendo um mínimo investimento, utilizando práticas de manejo e tecnologias existentes para fechar esta lacuna de produtividade. Neste sentido, podemos afirmar que experimentos sob diferentes níveis tecnológicos podem ser utilizados como indicadores para ajudar os produtores aumentar as produtividades médias das lavouras utilizando práticas de manejo ótimas, como: época de plantio, controle de plantas daninhas, calagem e adubação.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Houve diferença entre as lacunas de produtividade que variaram de $17,5$ a $34,6 \text{ Mg ha}^{-1}$, sugerindo que, há espaço para melhorar as produtividades de mandioca no RS.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul (EMATER/ASCAR-RS) e Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida, de São João dos Mellos, Júlio de Castilhos-RS.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BEZERRA, Francisco de Assis Pinto. Declínio da produção de mandioca: os impactos econômicos no município de Santa Izabel, estado do Pará. **Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, p. 17-41, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/download/1480/2290>>. Acesso em: 25 maio 2019.

COCK, James H. **La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – (FAO). **Publications**. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em 21 de dezembro de 2017.

GRASSINI, P.; TORRION, J.A.; YANG, H.S.; REES, J.; ANDERSEN, D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, v.179, p.150-163, 2015.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em 17 de maio de 2019.

LOBELL, David B.; CASSMAN, Kenneth G.; FIELD Christopher B. Crop yield gaps: their importance, magnitudes and causes. **Review of Environment and Resources**, v. 34, p. 179-204, 2009.

MARCON, Evelin Cristina; ROMIO, Samara Cristina; MACCARI, Vinícius Mateus; KLEIN, Claudia; LÁJUS, Cristiano Reschke. Uso de diferentes fontes de nitrogênio na cultura da soja. **Revista Them**, v. 14, n. 2, p. 298-308, 2017.

OBIERO, H. M. **Multiplicação acelerada da mandioca e distribuição de materiais de plantio no oeste do Quênia. Em: Programa de Emergência para Combater o Pandemia do Mosaico da Mandioca na África Oriental e Central**. Procedimentos do Quinta Reunião Regional de Partes Interessadas, Bukoba, Tanzânia, 10-12, pp. 15-23. 2004.

STRECK, Edeimar Valdir. et al. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008.

TIRONI, Fernandes Tironi; UHLMANN, Lilian Osmari; STRECK, Nereu Augusto; SAMBORANHA, Flávia Kaufmann; FREITAS, Charles Patrick de Oliveira; SILVA, Michel Rocha. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v.74, n. 1, p.58-66, 2015.

VAN ITTERSUM, Martin K.; CASSMAN, Kenneth G.; GRASSINI, Patricio; WOLF Joost; TITTONELL, Pablo; HOCHMAN, Zvi. Yield gap analysis with local to global relevance - A review. **Field Crops Research**, v.143, p.4–17, 2013.

COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS NO NORDESTE PARAENSE

Denis de Pinho Sousa¹; Ewelyn Regina Rocha Silva¹; Vandeilson Belford de Moura¹; Júlio Cesar Vieira Frare¹; Whesley Thiago dos Santos Lobato¹

Autor para correspondência: denisdepinho@agronomo.eng.br

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

Em função da carência de informações técnicas e científicas sobre a produção de feijão-caupi e visando contribuir para o desenvolvimento da cultura no estado, objetivou-se nesse trabalho avaliar os componentes de produção e produtividade do feijão-caupi sob a diferentes lâminas de irrigação nas condições climáticas do Nordeste paraense. O Experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis blocos e quatro tratamentos cada, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva do feijão-caupi. A análise de produtividade final foi coletada aos 65 DAS (2015) e aos 73 DAS (2016), quando 90% das plantas encontravam-se no estágio fenológico R9. Os componentes de produção avaliados foram o comprimento de vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos. Efetuou-se a análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Assistat. Verificou-se diferença significativa estatística entre todos tratamentos para os componentes de produção avaliados e entre a produtividade. Os componentes de produção CV, NVP, NGV e M100 demonstraram alta sensibilidade à variação do conteúdo de água no solo, reduzindo seus valores absolutos à medida que se esgotavam as reservas hídricas do solo, bem como as deficiências hídricas na fase reprodutiva superiores a 30 mm são responsáveis pela baixa produtividade encontrada na região.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* L.; irrigação; componentes de produção

PRODUCTION AND PRODUCTIVITY COMPONENTS OF COWPEA IN TO DIFFERENT WATER REGIMES IN NORTHEAST PARAENSE

ABSTRACT

Due to the lack of technical and scientific information about the production of cowpea and to contribute to the development of the crop in the state, the objective of this study was to evaluate the production and productivity components of cowpea under different irrigation conditions. The experiment was carried out at the School Farm of the Federal Rural University of Amazonia, in the municipality of Castanhal. The experimental design was a randomized block design, with six blocks and four treatments each, which consisted of different levels of water availability in the soil during the reproductive phase of cowpea. The final yield analysis was collected at 65 DAS in 2015 and at 73 DAS in 2016, when 90% of the plants were at the R9 phenological stage. The production components evaluated were pod length, number of pods per plant, number of grains per pod and mass of one hundred grains. The analysis of variance and the comparison of means by Tukey's test at 5% of probability were performed using the Assistat statistical program. There was a statistically significant difference between all treatments for the evaluated components of production and between productivity. The production components CV, NVP, NGV and M100 showed high sensitivity to the variation of water content in the soil, reducing their absolute values as the water reserves of the soil were depleted, as well as water deficiencies in the reproductive phase superior to 30 mm are responsible for the low productivity found in the region.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* L.; irrigation; components of production

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) apresenta grande destaque nas regiões Norte e Nordeste do Brasil por sua importância econômica e social (TORRES et al., 2015). A produção e a produtividade anual do caupi é altamente influenciada principalmente por fatores de origem abiótica, em especial à variável de precipitação pluviométrica (FARIAS et al., 2017). Apesar do grande volume pluviométrico na região amazônica o cultivo do caupi no restringe ao primeiro semestre do ano, quando há uma maior concentração das chuvas (SOUZA et al., 2017).

Portanto, pesquisas que demonstrem os impactos causados pelos diferentes regimes hídricos no feijão-caupi, sobretudo, para a cultivar BR3 Tracueteua que é a mais recomendada para a região produtora do Pará (FREIRE FILHO et al., 2009), evidenciando seus efeitos nos componentes de produção e produtividade, são imprescindíveis para auxiliar no planejamento agrícola, contribuindo para o aumento da produtividade, haja visto que a produção de grãos no estado vem declinando desde 2003, reduzindo a área ocupada pelo feijão no estado em 33 mil hectares, com produtividade média de 669 kg.ha⁻¹.

Desta forma, tendo em vista a carência de informações técnicas e científicas sobre a produção de feijão-caupi e visando contribuir para o desenvolvimento da cultura no estado.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se nesse trabalho avaliar os componentes de produção e produtividade do feijão-caupi sob a diferentes lâminas de irrigação nas condições climáticas do Nordeste paraense.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal, Nordeste Paraense (01°17'38" S e 47°55'35" W) entre os meses de setembro a novembro de 2015 e 2016, em uma área de aproximadamente 0,5 ha.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis blocos medindo 22 x 20 metros com quatro tratamentos cada, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva do feijão-caupi. O tratamento T100 consistiu da reposição de 100% da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc), o tratamento T50 em 50% de reposição da ETc, o tratamento T25 em 25% de reposição da ETc e o tratamento T0 não houve reposição da ETc por meio da irrigação na fase reprodutiva, onde foram montados painéis de polipropileno que impediam a entrada de água no solo no decorrer da fase reprodutiva durante os eventos de chuva.

A lâmina de água aplicada diariamente foi calculada considerando a evapotranspiração de referência obtida por meio da equação de Penman-Monteith com os dados medidos na estação meteorológica do Inmet e multiplicado pelo Kc disponível na literatura (Farias et al., 2017) a fim de se obter a evapotranspiração da cultura.

Para obtenção das variáveis climáticas foi instalada uma estação meteorológica automática na área experimental, com sensores de radiação solar global incidente, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e umidade do solo. Sendo estes conectados a um datalogger CR1000 (*Campbell Scientific*) com leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

A análise de produtividade final foi coletada aos 65 DAS em 2015 e aos 73 DAS em 2016, quando 90% das plantas encontravam-se no estágio fenológico R9. A produtividade foi obtida em duas linhas centrais de plantio separadas previamente em cada tratamento, de onde foram coletadas três amostras de 1m²

representadas por linhas de dois metros de comprimento, após a coleta dos grãos nas áreas demarcadas, os mesmos foram colocados pra secar por 72h, posteriormente eles foram pesados e foi feita a estimativa de produtividade em cada tratamento.

Os componentes de produção avaliados foram o comprimento de vagem (C_v), número de vagens por planta (NVP); número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (M100). Efetuou-se a análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Assistat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar durante o experimento de 2016 variou entre 22,14 a 34,64 °C, com média de 27,26°C, já em 2015 as temperaturas variaram entre 22,59 e 34,85°C. com aumento médio 0,9°C na temperatura de 2015 em relação a 2016 se deu pelo fato de neste ano ter sido registrado o fenômeno do El Niño (GRIMM, 2015).

O total de chuva observado durante o experimento de 2016 foi de 153 mm foram bem distinto quando comparados com o observado em 2015 que foi de 30 mm, onde se verificou redução de 81% na precipitação desse ano quando comparado ao mesmo período 2016 (Figura 1).

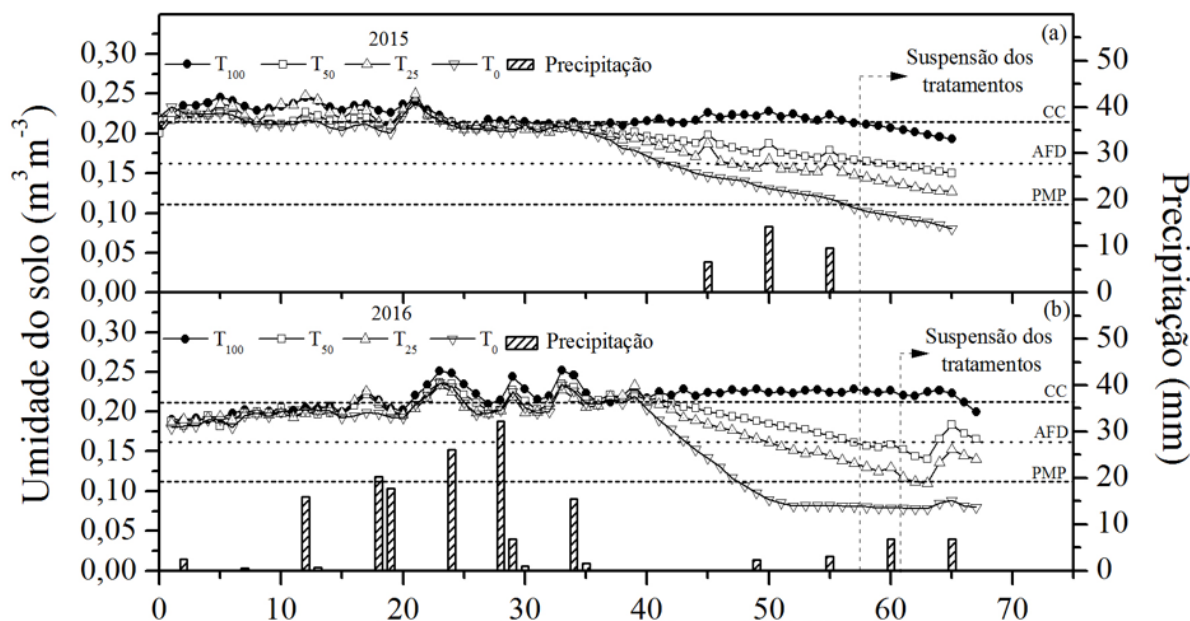


Figura1

Em 2015 e 2016 observou-se que logo a partir da diferenciação dos tratamentos (36 DAS) verificou-se o aumento da deficiência hídrica, com exceção do 46°, 50° e 54° DAS (2015) e 43°, 49° e 56° DAS (2016) onde ocorreu chuva que amenizou a deficiência nos tratamentos.

Os valores médios de comprimento de vagem de 2015 e 2016 sofreram influência significativa ($p < 0,05$) dos diferentes regimes hídricos com reduções de 4,21%, 7,57% e 13,29% para T_{50} , T_{25} e T_0 , respectivamente, em 2015 ao comparar com o tratamento que não sofreu deficiência hídrica. Já em 2016 as reduções no C_v foram de 3,73% (T_{50}), 7,32% (T_{25}) e 12,61% (T_0).

Tabela 1: Deficiência total acumulada e média dos componentes de produção: comprimento de vagem (C_v), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do feijão-caupi, em função das diferentes lâminas de irrigação em Castanhal-PA.

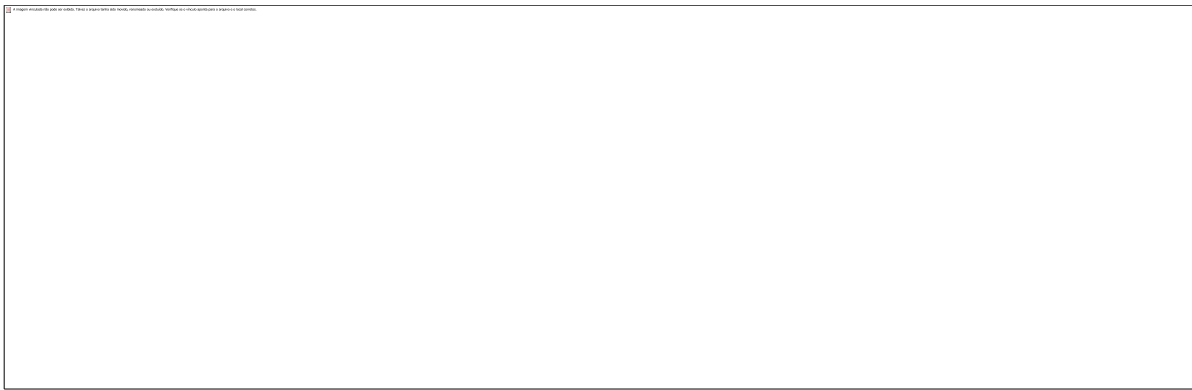


Tabela 1: Deficiência total acumulada e média dos componentes de produção: comprimento de vagem (C_v), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do feijão-caupi, em função das diferentes lâminas de irrigação em Castanhal-PA.

A máxima eficiência técnica para o NVP foi obtida nos tratamentos T_{100} com média de 6,58 em 2014, 5,84 em 2015 e 6,57 NVP em 2016. Ao contrastar os tratamentos T_{100} com os demais verificou-se redução de 7,60% (T_{50}), 13,22% (T_{25}) e 23,10% (T_0) em 2014; 22,43% (T_{50}), 42,29% (T_{25}) e 57,36% (T_0) em 2015; e 23,44% (T_{50}), 43,08% (T_{25}) e 49,77% (T_0) em 2016.

O número médio de grãos por vagem (NGV) obtido nos tratamentos que não passaram por déficit hídrico foram de 9,47 em 2015 e 10,46 em 2016. Os tratamentos T_{50} e T_{25} reduziram o NGV em 22,70 e 32,21% (2015) e 24,86 e 32,98% (2016), respectivamente. O tratamento T_0 foi o que obteve os menores valores absolutos (tabela 1) e maiores reduções percentuais com 47,73% e 40,06% para os anos de 2015 e 2016, respectivamente.

Os resultados encontrados para os tratamentos que não sofreram déficit hídrico são superiores aos encontrados por Oliveira et al. (2011) que trabalhando com quatro diferentes lâminas de água em Roraima, encontraram médias 7,53 NGV para o caupi.

As médias da massa de 100 grãos (M100) obtidas nos dois anos de experimentos, demonstraram valores absolutos máximos obtidos nos tratamentos T_{100} com média de 27,71 g em 2015 e 28,51 g em 2016. O tratamento T_0 nos dois anos experimentais, apresentou as maiores atenuações percentuais na M100 ao contrastar com o tratamento T_{100} , notou-se redução de 32,44% e 26,24% nos anos de 2015 e 2016, respectivamente.

Ao comparar a média dos tratamentos de maior produtividade (T_{100}) com o de menor (T_0) verificou-se redução de 63,95% em 2015 e 57,15% em 2016. Já para os tratamentos T_{50} e T_{25} observou-se, respectivamente, a redução percentual de 34,11 e 51,44% em 2015; e 18,92 e 33,08% em 2016. Suprir adequadamente a necessidade hídrica do feijão-caupi acarreta na manutenção nos processos fisiológicos, o que propicia o aumento da produtividade (BASTOS et al, 2012).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os componentes de produção C_v , NVP, NGV e M100 demonstraram alta sensibilidade à variação do conteúdo de água no solo, reduzindo seus valores absolutos à medida que se esgotavam as reservas hídricas do solo.

A cultivar de feijão-caupi BR3 Tracuateua demonstrou ser altamente sensível à falta de água no solo, uma vez que sua produtividade reduz significativamente quanto menor é a água disponível no solo.

Deficiências hídricas na fase reprodutiva superiores a 30 mm são responsáveis pela baixa produtividade encontrada na região.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BASTOS, E. A. et al. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2012.

FARIAS, V. D. S., LIMA, M. J. A., NUNES, H. G. G. C., SOUSA, D. P., and SOUZA, P. J. O. P. (2017). Water demand, crop coefficient and uncoupling factor of cowpea in the eastern Amazon. **Revista Caatinga**, 30, 190-200. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n121rc>.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-Caupi: Melhoramento genético, resultados e perspectivas. In: simpósio nordestino de genética e melhoramento de plantas, Fortaleza. O melhoramento genético no contexto atual. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC. p. 25-59. Ano 2009.

GRIMM, A. M. El niño, novamente!. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, 351 - 357, 2015.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, F. W.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.872-882, 2011.

SOUZA, P. J. O. P., FARIAS, V. D. S., LIMA, M. J. A., RAMOS, T. F., SOUSA, A. M. L. (2017). Cowpea leaf area, biomass production and productivity under different water regimes in Castanhal, Pará, Brazil. **Revista Caatinga**, 30, 748 – 759.

TORRES, F. E., SAGRILO, E., TEODORO, P. E., RIBEIRO, L. P., and CARGNELUTTI, A. F. (2015). Number of replicates for the evaluation of characters in cowpea genotypes. **Bragantia**, 74, 161-168.

ON-FARM SUGARCANE YIELD AND YIELD COMPONENTS AS INFLUENCED BY NUMBER OF HARVESTS

Fabio R. Marin¹; Juan Ignacio Rattalino Edreira²; Jose Andrade²; Patricio Grassini²
Autor para correspondência: fabio.marin@usp.br

¹ESALQ-USP; ²Universidade de Nebraska-Lincoln

RESUMO

Sugarcane is the most important sugar crop worldwide, with Brazil accounting for 38% of global production. Recent slowdown in sugarcane annual yield gains in Brazil has been attributed to longer replanting time and associated higher number of ratoon harvests. However, little is known about changes in on-farm sugarcane yield and its components as influenced by number of harvests. In this study, we used a large database collected from commercial sugarcane fields ('blocks') to assess the influence of number of harvests on variation in sugar yield and its components: stalk fresh yield (SFY) and sucrose concentration (POL%). On-farm SFY versus number of harvests trends were compared against existing data collected from well-managed experiments. Variation in sucrose yield across block-years was mostly explained by changes in SFY and, in much lesser degree, by POL%. Still, there was large variation in on-farm yield at any environment x harvest number combination, highlighting the importance of management at explaining current yield gap. Conversely, POL% was not affected by number of harvests and varied little across environments. Analysis of data from well-managed experiments showed no detectable yield decline with increasing number of harvests, suggesting that observed on-farm yield decline is attributable to sub-optimal management in commercial blocks. Findings from this study can help inform policy and management associated with replanting decisions.

PALAVRAS-CHAVE: sucrose yield; stalk fresh mass; ratooning

ON-FARM SUGARCANE YIELD AND YIELD COMPONENTS AS INFLUENCED BY NUMBER OF HARVESTS

ABSTRACT

Sugarcane is the most important sugar crop worldwide, with Brazil accounting for 38% of global production. Recent slowdown in sugarcane annual yield gains in Brazil has been attributed to longer replanting time and associated higher number of ratoon harvests. However, little is known about changes in on-farm sugarcane yield and its components as influenced by number of harvests. In this study, we used a large database collected from commercial sugarcane fields ('blocks') to assess the influence of number of harvests on variation in sugar yield and its components: stalk fresh yield (SFY) and sucrose concentration (POL%). On-farm SFY versus number of harvests trends were compared against existing data collected from well-managed experiments. Variation in sucrose yield across block-years was mostly explained by changes in SFY and, in much lesser degree, by POL%. Still, there was large variation in on-farm yield at any environment x harvest number combination, highlighting the importance of management at explaining current yield gap. Conversely, POL% was not affected by number of harvests and varied little across environments. Analysis of data from well-managed experiments showed no detectable yield decline with increasing number of harvests, suggesting that observed on-farm yield decline is attributable to sub-optimal management in commercial blocks. Findings from this study can help inform policy and management associated with replanting decisions.

KEY-WORDS: sucrose yield; stalk fresh mass; ratooning

INTRODUÇÃO

Sugarcane is the most important sugar crop, accounting for ca. 75% of sugar produced in the world for human consumption (Souza et al., 2008). Brazil has ca. 10 million ha planted with sugarcane, producing ca. 635 million metric tons (MMT) of harvested stalk fresh mass, 38 MMT of sucrose, and 32 billion liters of bioethanol (CONAB, 2018).

Sugarcane has the ability to regrow after harvest (“ratooning”) which leads to successive harvests of the same crop, typically every 11-16 months. Replanting decision depends on the magnitude of yield loss with increasing harvest number and sugar and ethanol prices (Barata, 1992). Despite the lack of a physiological explanation, empirical evidence shows a yield decline with number of harvests in commercial fields, hereafter referred to as ‘blocks’ (e.g., Bernardes et al., 2008; McGlinchey and Dell, 2010).

On-farm data can be utilized as a cost-effective source of information to identify major sources of yield variation and identify yield constraints and inefficiencies in the use of agricultural inputs (e.g., Grassini et al., 2014, 2015; Rattalino Edreira et al., 2017). A number of studies in sugarcane have used industry-supplied on-farm data to optimize logistics and management decisions at mill and block levels (Higgins et al., 1998; Lawes et al., 2002, 2004, 2005), identify environmental and management factors influencing sugarcane yield (Ferraro et al., 2009), and calibrate decision support tools (Bocca and Rodrigues, 2016; Oliveira et al., 2017). We are not aware of any study investigating the influence of number of harvests on sugarcane yield and its components using a large on-farm database that includes block-level data from multiple sugarcane mills spread out over a large sugarcane producing area with diversity in climate and soil types.

OBJETIVOS DO TRABALHO

To fill in the knowledge gap about the effect of number of harvests on on-farm sugarcane yield and yield components, which includes stalk fresh yield (SFY) and sucrose concentration (POL%), we analysed a large database containing data from 9 commercial mills located in major sugarcane producing areas of Brazil. Additionally, we compared the results derived from the data from commercial blocks against experimental data from controlled experiments where crops were manually harvested. Specific objectives were (i) to assess changes in on-farm sucrose yield, SFY, and POL% with increasing number of harvests across different environments, and (ii) to compare the yield decay due to harvest number in commercial blocks versus observed trends in well-managed experiments reported in the literature.

MATERIAIS E MÉTODOS

Data on sugarcane yield and management practices were collected from nine mills located in six states in mid-south Brazil. These six states (Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, and Mato Grosso do Sul) account for ca. 90% of Brazilian sugarcane production. A mill is typically supplied by thousands of blocks planted with sugarcane (average size: 8.7 ha). Number of years with data was variable across mills; however, all mills provided 3 to 5 years of data from the same group of blocks, and, in all cases, these years were within the 2011-2017 time period. Data for each block-year observation included block location, block size, sucrose yield, SFY (at ca. 75% moisture content), POL%, planting date, harvest number (*i.e.*, number of consecutive harvests in a given block), and soil management zone (SMZ).

In this study, we grouped mills based on similarity of climate using hierarchical cluster analysis based on long-term weather data retrieved from meteorological stations located near each mill (average distance of 4 km).

We used ANOVA as a first step to understand sources of variation for sucrose yield across block-years. The percentage of sum of squares attributable to POL% and SFY variability was computed to quantify their relative importance at explaining variation in sucrose yield. The residual variation was taken as a measure of the block-to-block variability within each CZ. Effects of CZs, harvest number, and SMZ on sucrose yield,

SFY, and POL% were evaluated using ANOVA and Tukey's tests were used to perform comparisons among means.

We derived a boundary functions using quantile (percentile 90th) and least square (average) regressions for the relationship between SFY *versus* number of harvests using the *quantreg* package in R (R Development Core Team, 2016). Following Bernardes *et al.* (2008), on-farm SFY decline with number of harvests can be represented by a model with an upper plateau followed by an exponential decay.

We gathered data published in the literature to compare the observed yield decline with number of harvests in commercial blocks *versus* trends in well-managed experiments. We compiled SFY data from experiments that received good management, including only experiments with at least four consecutive harvests of the same planted crop.

A model with an upper plateau followed by an exponential decay (Eq. 1) was fitted to the on-farm data; different models were used to investigate yield trends in experiments.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sucrose yield ranged from 2 to 24 Mg ha⁻¹ across block-years, averaging 11 Mg ha⁻¹ across all data entries. Analysis of sugarcane yield components (*i.e.*, SFY and POL%) indicated a wide range of SFY, from *ca.* 20 to 160 Mg ha⁻¹, averaging 81 Mg ha⁻¹ across block-years (Fig. 1). Still, the largest portion of variation in sucrose yield across block-years was accounted by SFY rather than by POL% (SS%= 80 *versus* 20%; Fig. 1 inset). There was a weak, though statistically significant, negative relationship between POL% and SFY ($r^2=0.01$; $p<0.001$).

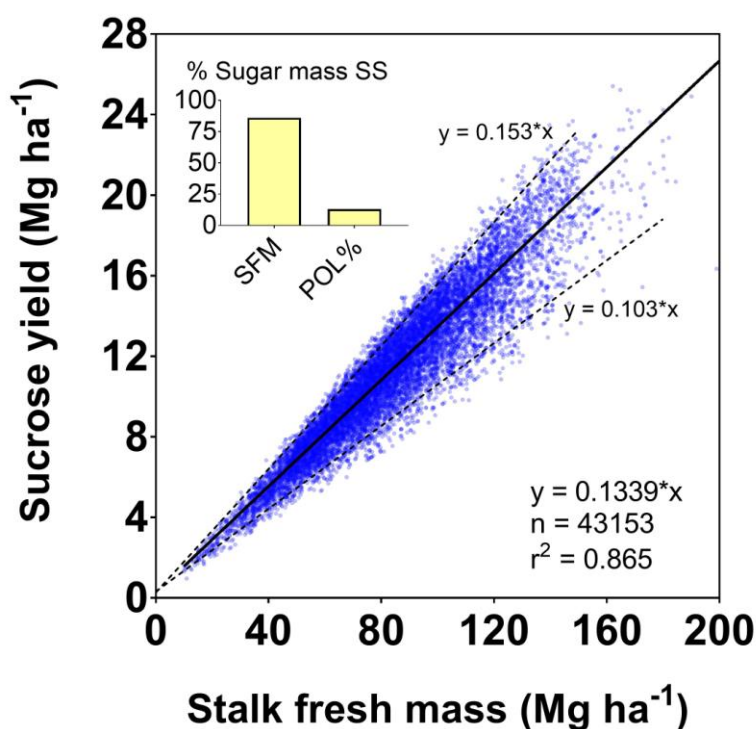


Figure 1. Relationship between sucrose yield and stalk fresh yield (SFY) in commercial blocks in mid-south Brazil. Solid line represents the fitted linear regression; dashed lines show the fitted quantile regressions for the 5th and 95th percentiles. Inset shows proportion of total non-error sum of squares for sucrose yield attributable to SFY and sucrose concentration (POL%).

There was a large block-to-block variation in SFY at any CZ x SMZ x harvest number combination. This finding suggests that management practices likely have a large influence on on-farm yields, though part of

the variation can also be attributed to spatial and temporal variation in climate and soil within each CZ x SMZ combination. We note, however, that inter-annual coefficient of variation for sugarcane in mid-south Brazil is small ($CV < 10\%$; Marin et al., 2011) and that the SMZ scheme used to cluster blocks in the present study includes the most important soil variables influencing sugarcane productivity; hence, most of the observed variation can be attributable to management.

Comparison of yield *versus* harvest number trends based on the experimental data indicate differences in yield level among experiments and years, which are likely attributed to variation in climate, soil and management among (Fig 2a). It was remarkable, however, that we did not detect any statistically significant relationship between yield and harvest number in any of the experiments ($p > 0.23$; $r^2 < 0.23$). In other words, there was no evidence of yield decline with increasing harvest numbers in the experimental trials.

Expressing SFY in the experimental trials relative to the yield at H1 in each experiment allowed to account for differences in yield level among experiments and compared trends between experiments and commercial blocks (Fig. 2b). Consistent with the analysis based on absolute yields reported for each experiment, we could not detect a statistically significant relationship between experimental relative yields and number of harvests ($p = 0.80$). In contrast, commercial blocks exhibited a clear yield decay with increasing harvest number (Fig. 8b) ($p < 0.01$; $r^2 > 0.97$). Similar yield-decay patterns were observed for highest-yield blocks and for the overall population of blocks, as represented in the analysis by the 90th percentile and the mean of the yield data distribution for a given harvest number, respectively. In both cases, coefficients of the fitted models were highly significant ($p < 0.01$), with relative on-farm SFY declining after H2 and stabilizing after H5 (Fig. 8b).

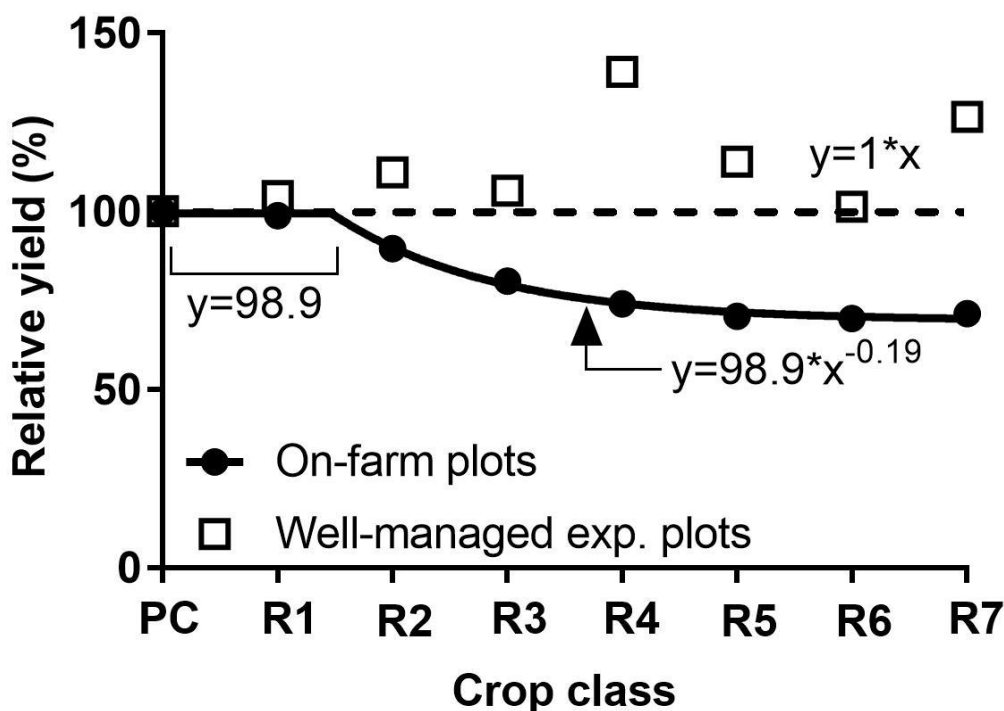


Figure 2. (A) Stalk fresh yield (SFY) versus harvest number in well-managed experiments reported in the literature (see table 2 for details). (B) Relationship between relative SFY and harvest number in well-managed experiments (empty squares) and commercial blocks (this study; circles).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

To our knowledge, this is the first study assessing the influence of number of harvests on on-farm sugarcane yield based on a large on-farm dataset that includes thousands of sugarcane blocks located across a region with diversity in climate and soil. Variation in sucrose yield was mostly associated with SFY rather than

POL%. Comparison of yield decline with increasing harvest number between commercial blocks *versus* well-managed experiments suggests that the yield decline is consequence of management rather than an inherent crop physiological attribute.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Funding sources include the Fulbright program, the Global Engagement Office at the Institute of Agriculture and Natural Resources at University of Nebraska-Lincoln (UNL), the Brazilian Research Council (CNPq grants 301424/2015-2, 401662/2016-0 and 425174/2018-2), the Research Foundation of the State of São Paulo (FAPESP 2017/20925-0), the FAPESP-UNL SPRINT Program (2017/50445-0) and the International Plant Nutrition Institute (IPNI).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Bernardes, M.S., Prellwitz, W.P.V., Braga Jr, R.L.C., Suguitani, C., Beauclair, E.G.F., Camara, G.M.S. 2008. Equation for estimating sugarcane ratoon yields as a function of environment and management. Annals of national congress of STAB. n 9. Brazil. [in Portuguese].

Bocca, F.F., Rodrigues, L.H.A. 2016. The effect of tuning, feature engineering, and feature selection in data mining applied to rainfed sugarcane yield modelling. *Computers and Electronics in Agriculture*, 128:67–76.

CONAB. 2018. Brazilian harvest forecast for sugarcane [in Portuguese]. Available at <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>

Ferraro, D.O., Rivero, D.E., Ghersa, C.M. 2009. An analysis of the factors that influence sugarcane yield in Northern Argentina using classification and regression trees. *Field Crops Research*, 112:149–157.

Grassini, P., Torrion, J.A., Cassman, K.G., Yang, H.S., Specht, J.E. 2014. Drivers of spatial and temporal variation in soybean yield and irrigation requirements in the western US Corn Belt. *Field Crops Research*, 163:32–46.

Higgins, A., Muchow, R., Rudd, A., Ford, A. 1998. Optimising harvest date in sugar production: A case study for the Mossman mill region in Australia: I. Development of operations research model and solution. *Field Crops Research*, 57:153–162.

Lawes, R.A., Lawn, R.J. 2005. Applications of industry information in sugarcane production systems. *Field Crops Research*, 92:353–363.

Lawes, R.A., McDonald, L.M., Wegener, M.K., Basford, K.E., Lawn, R.J. 2002. Factors affecting stalk fresh yield and commercial cane sugar in the Tully district. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42:473–480.

McGlinchey, M.G., Dell, M.P. 2010. Using computer simulation models to aid replant planning and harvest decisions in irrigated sugarcane. *Proceedings of international society of sugarcane technology*. 27: 1-10.

Mourtzinis, S., Rattalino Edreira, J.I., Grassini, P., Roth, A.C., Casteel, S.N., Ciampitti, I.A., Kandel, H.J., Kyveryga, P.M., Licht, M.A., Lindsey, L.E., Mueller, D.S., Nafziger, E.D., Naeve, S.L., Stanley, J., Staton, M.J., Conley, S.P., 2018. Sifting and winnowing: Analysis of farmer field data for soybean in the US North-Central region. *Field Crops Research*, 221:130–141.

Oliveira, M.P.G., Bocca, F.F., Rodrigues, L.H.A. 2017. From spreadsheets to sugar content modeling: A data mining approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 132:14–20.

Ramburan, S., Wettergreen, T., Berry, S.D., Shongwe, B. 2013. Genetic, environmental and management contributions to ratoon decline in sugarcane. *Field Crops Research*, 146:105–112.

Souza, A.P., Gaspar, M., Silva, E.A., Ulian, E.C., Waclawosky, A.J., Nishiyama JR, M.Y., Santos, R.V, Teixeira, M.M., Souza, G.M., Buckeridge, M.S. 2008. Elevated CO₂ increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. *Plant, Cell & Environment*, 31:1116–1127.

YIELD GAP NA CULTURA DO ALGODÃO POR DEFICIÊNCIA HÍDRICA NO ESTADO DO MATO GROSSO

Juliana Chagas Rodrigues¹; Paulo Cesar Sentelhas¹
Autor para correspondência: rodriguesjc@usp.br

¹Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

RESUMO

A cultura do algodoeiro é sensível à distribuição irregular de chuvas, à ocorrência de veranicos e de temperaturas baixas ou muito elevadas que levam a perdas de produtividade denominadas de *yield gap* da cultura. Esta pode ser avaliada por meio de modelos de simulação de produtividade. O objetivo deste estudo foi estimar a *yield gap* da cultura do algodão por deficiência hídrica pelo modelo calibrado da Zona Agroecológico-FAO. Os dados experimentais foram obtidos no estado do Mato Grosso, maior produtor de algodão do Brasil, em diferentes safras, épocas de semeadura e cultivares. O modelo foi utilizado para obtenção da produtividade potencial, produtividade atingível, e estimativa da *yield gap* da cultura do algodão por deficiência hídrica. Este modelo apresentou bons resultados na obtenção da produtividade potencial e produtividade atingível da cultura do algodão. A *yield gap* por deficiência hídrica foi, em média, 4276 kg ha⁻¹; assim, a deficiência hídrica foi responsável por diminuir a produtividade da cultura do algodão em 45% quando cultivado sob condições de sequeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Zona Agroecológica-FAO; Produtividade potencial; Produtividade atingível

COTTON YIELD GAP CAUSED BY WATER DEFICIT IN THE STATE OF MATO GROSSO, BRAZIL

ABSTRACT

The cotton crop is sensitive to the irregular distribution of rainfall, the occurrence of dry spells and low or very high temperatures that lead to yield losses called as yield gap. This can be evaluated through crop simulation models. The objective of this study was to estimate the yield gap of the cotton crop due to water deficit, employing the calibrated FAO Agroecological Zone model. The experimental data were obtained in the state of Mato Grosso, which is the largest cotton producer in Brazil, considering different growing seasons, sowing dates and cultivars. The model was used to obtain potential and attainable yields, and yield gap caused by water deficit. The model presented good results for obtaining cotton potential productivity and attainable yields. The yield gap due to water deficiency was, on average, 4276 kg ha⁻¹, which means that water deficit was responsible for reducing cotton yield by 45%, when cultivated under rainfed conditions.

KEY-WORDS: FAO Agroecological Zone model; Potential yield; Attainable yield

INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro (*Gossypium* sp.) é uma importante commodity a nível mundial como fonte de fibras, alimentos e biocombustível. A fibra de algodão é usada na indústria têxtil; a farinha pode ser utilizada para

alimentação de ruminantes; e o óleo de algodão é refinado como óleo vegetal para o consumo humano, todavia, tendo potencial para ser utilizado também como biocombustível (THORP et al., 2014).

A cultura do algodão é sensível à distribuição irregular de chuvas, à ocorrência de veranicos e de temperaturas baixas ou muito elevadas (ROSOLEM, 2001), levando a perdas de produtividade, também conhecidas como quebra de produtividade (*yield gap*) da cultura. A avaliação do *yield gap* dimensiona sua magnitude e as possíveis causas, auxiliando na definição de estratégias para sua mitigação e proporcionando alternativas para o aumento de produtividade (SENTELHAS et al., 2015; VAN ITTERSUM et al., 2013).

Uma forma de se estimar a *yield gap* das culturas agrícolas é por meio de modelos de simulação de culturas, devidamente calibrado. O modelo da Zona Agroecológica da FAO simula as produtividades potencial (PP) e atingível (PA), sendo que nesta última a PP é penalizada pela deficiência hídrica (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este estudo teve por objetivo estimar a *yield gap* da cultura do algodão por deficiência hídrica pelo modelo Zona Agroecológico-FAO para diferentes localidades do estado do Mato Grosso, principal estado produtor da cultura no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de produtividade do algodão (em caroço) foram obtidos de áreas experimentais da empresa Tropical Melhoramento & Genética (TMG). O banco de dados foi constituído por seis safras (2011/2012 a 2016/2017); cinco locais do estado do MT (Campo Verde, Campo Novos dos Parecis, Pedra Preta Sapezal e Sorriso); três épocas de semeadura (entre dezembro e fevereiro) e 27 cultivares.

Os dados de solo relativos à capacidade do campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), densidade global do solo e a profundidade do sistema radicular, empregados para a determinação da capacidade de água disponível (CAD), foram obtidos junto à empresa e quando inexistentes a CAD foi determinada por meio de funções de pedotransferência, devidamente calibradas para a região de estudo (CAMPELO JUNIOR et al., 2014), empregando-se dados de textura do solo de cada área experimental.

Os dados meteorológicos foram disponibilizados pela empresa TMG, sendo eles: chuva; temperaturas máximas e mínimas do ar; e radiação solar global ou insolação, em escala diária. Nos casos em que havia falhas nesse banco de dados, essas foram preenchidas com dados meteorológicos em grade disponibilizados por Xavier et al. (2016).

O modelo Zona Agroecológico-FAO desenvolvido por Doorenbos e Kassam (1979) foi utilizado para obtenção das produtividades potencial (PP) e atingível (PA), as quais foram empregadas para determinar o *yield gap* da cultura do algodão por deficiência hídrica (YG_{DH}). O YG_{DH} foi obtido pela diferença entre PP e PA (SENTELHAS et al., 2015).

A deficiência hídrica relativa ($1-ET_r/ET_c$), foi a variável empregada para estimar a PA, sendo que a evapotranspiração real (ET_r) foi estimada pelo balanço hídrico sequencial da cultura do algodão, conforme Thornthwaite e Mather (1955), o qual empregou dados de chuva e evapotranspiração máxima da cultura (ET_c), calculada pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET_o), estimada método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), e o coeficiente de cultura (K_c) de cada fase do algodoeiro.

Também foi obtida a eficiência climática (EC) da cultura do algodão pelo percentual da relação entre a PA e a PP (BATTISTI et al., 2012), a fim de estimar o percentual de responsabilidade da deficiência hídrica na diminuição da produtividade desta cultura.

O modelo Zona Agroecológico-FAO foi calibrado e avaliado diante de cinco cenários: a) Cenário I: IAF original e K_c original; b) Cenário II: IAF com aumento de 10% e K_c original; c) Cenário III: IAF com

aumento de 20% e Kc original; d) Cenário IV: IAF com aumento de 10% e Kc com aumento de 10%; e) Cenário V: IAF com aumento de 20% e Kc com aumento de 20%, sendo IAF o índice de área foliar da cultura.

Os dados de produtividade real (PR) foram divididos em duas partes, sendo 2/3 do banco de dados empregados na calibração do modelo e 1/3 do banco de dados para a avaliação dele. A seleção das safras utilizadas na calibração e validação foi realizada de forma aleatória.

A avaliação de desempenho do modelo foi realizada por meio dos seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d) (WILLMOTT et al., 1985), índice de confiança (C) (CAMARGO; SENTELHAS, 1997), erro médio (EM), e percentual do erro absoluto médio (EAMP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo Zona Agroecológica mostrou-se sensível às alterações de IAF e Kc, e o melhor desempenho foi obtido no Cenário V (Figura 1). Na calibração (Figura 1a), foram encontrados valores de R^2 de 0,88, d de 0,97, C de 0,91, EM de +24,56 kg ha⁻¹ e EAMP de 2,22%. Na avaliação (Figura 1b), os valores desses indicadores foram: $R^2 = 0,91$; d = 0,97; C = 0,93; EM = -51,10 kg ha⁻¹; e EAMP = 2,76%, o que demonstrou que o modelo tem estabilidade suficiente para ser empregado em estudos de determinação do *yield gap*.

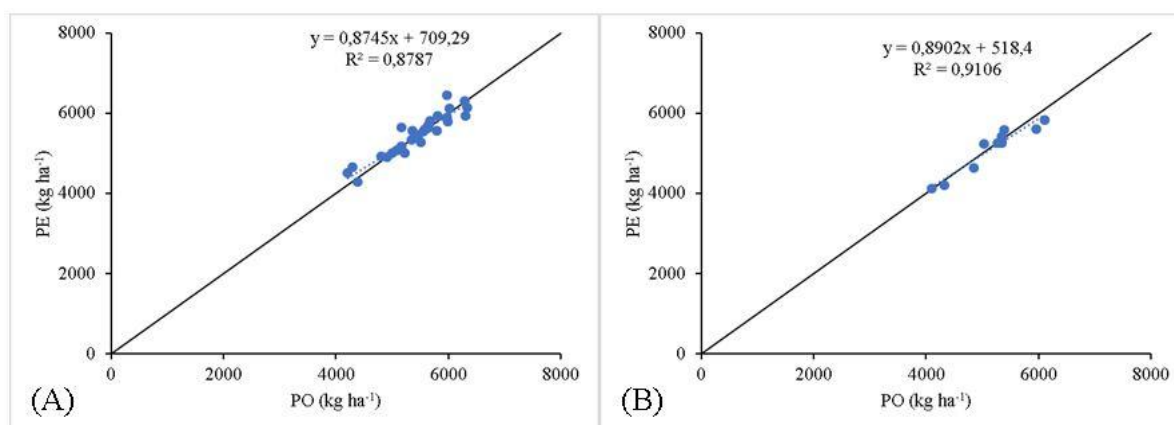


Figura 1: Relação entre a produtividade observada (PO) e a produtividade estimada (PE) pelo modelo Zona Agroecológica, nas fases de calibração (A) e avaliação (B), para o cenário V (IAF com aumento de 20% e Kc com aumento de 20%).

Essas alterações tiveram como objetivo encontrar o melhor ajuste dos dados de produtividade do algodão (em caroço) para que esses alcançassem uma PP ótima ao representar 85% de eficiência da PP encontrada na literatura (CONSTABLE; BANGE, 2015). Este procedimento foi adotado, pois a PP representa um valor teórico e pode ser obtido de várias formas, como em experimentos em campo e por modelos de simulação devidamente calibrados para as condições locais, com os cultivos sob manejo ótimo (LOBELL; CASSMAN; FIELD, 2009; VAN ITTERSUM et al., 2013). A PP do algodão (em caroço) variou entre 9452 e 9682 kg ha⁻¹, enquanto a PA oscilou entre 5137 e 5445 kg ha⁻¹. Portanto, a *yield gap* por deficiência hídrica foi, em média, de 4276 kg ha⁻¹ e a eficiência climática de 55%, o que indica que a deficiência hídrica foi responsável por diminuir em 45% a produtividade da cultura do algodão sob condições de sequeiro.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo Zona Agroecológico-FAO apresentou bons resultados na obtenção da produtividade potencial e produtividade atingível da cultura do algodão. A *yield gap* por deficiência hídrica foi, em média, 4276 kg ha⁻¹; assim, a deficiência hídrica foi responsável por diminuir a produtividade da cultura do algodão em 45% sob condições de sequeiro.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a empresa Tropical Melhoramento & Genética (TMG) pelo apoio neste estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALLEN, Richard G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso em: 8 nov. 2017.
- BATTISTI, Rafael; SENTELHAS, Paulo Cesar; PILAU, Felipe Gustavo. Eficiência agrícola da produção de soja, milho e trigo no estado do Rio Grande do Sul entre 1980 e 2008. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 24–30, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n1/a1712cr5369.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2017.
- CAMARGO, Ângelo Paes de; SENTELHAS, Paulo Cesar. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89–97, 1997. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/284194031_Avaliacao_do_desempenho_de_diferentes_metodos_de_estimativa_da_evapotranspiracao_potencial_no_Estado_de_Sao_Paulo_Brasil>. Acesso em: 2 jun. 2017.
- CAMPELO JUNIOR, José Holanda et al. Estimativa da retenção de água em Latossolos do Cerrado mato-grossense cultivados com algodão. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 318–326, 2014. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/1902>>. Acesso em: 14 set. 2018.
- CONSTABLE, G. A.; BANGE, M. P. The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Research**, v. 182, p. 98–106, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429015300204>>. Acesso em: 26 jun. 2017.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. In: DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. (Eds.). **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33**. Roma: FAO, 1979.
- LOBELL, David B.; CASSMAN, Kenneth G.; FIELD, Christopher B. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 34, n. 1, p. 179–204, 2009. Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.envIRON.041008.093740>>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. **Informações Agronômicas**, n. 95, p. 1–9, 2001. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/D68D80B4EC7657CD83257AA30063EED3/\\$FILE/Enc95p1-9.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/D68D80B4EC7657CD83257AA30063EED3/$FILE/Enc95p1-9.pdf)>. Acesso em: 7 jun. 2017.
- SENTELHAS, Paulo Cesar et al. The soybean yield gap in Brazil: Magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, p. 1–18, 2015. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/soybean-yield-gap-in-brazil-magnitude-causes-and-possible-solutions-for-sustainable-production/DB059CC032A27B7C5A07FF896F56E8D5>>. Acesso em: 2 jun. 2017.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. Disponível em: <<https://oregondigital.org/catalog/oregondigital:df70pr001#page/1/mode/1up>>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- THORP, K. R. et al. Development and application of process-based simulation models for cotton production: A review of past, present, and future directions. **The Journal of Cotton Science**, v. 18, p. 10–47, 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/1006/2bf595cb7d387601ade02af266379b3b379e.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

XAVIER, Alexandre C.; KING, Carey W.;h SCANLON, Bridget R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.4518>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

VAN ITTERSUM, Martin K. et al. Yield gap analysis with local to global relevance: A review. **Field Crops Research**, v. 143, p. 4–17, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037842901200295X>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

WILLMOTT, Cort J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 90, n. C5, p. 8995–9005, 1985. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JC090iC05p08995>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

MODELO DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DA SOJA NA REGIÃO SUL DE MATO GROSSO

Osvaldo José de Oliveira¹; Jholian Maicon Ribeiro Santos²; Jean Pierre Moreira de Almeida²; Rômulo Caique Gonçalves Feletti²; Marcos Antonio da Silva³
Autor para correspondência: ojolivei@yahoo.com.br

¹Professor Dr., Instituto Federal de Mato Grosso, Campo Verde, MT; ²Pós-graduando em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT; ³Professor Msc., Instituto Federal de Mato Grosso, Campo Verde, MT; ⁴Professor Dr., Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT

RESUMO

A utilização de modelos para a estimativa do rendimento da cultura da soja em função das variações meteorológicas se torna uma ferramenta eficiente quando bem empregados e adequados para determinadas regiões. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho estimar a produtividade potencial e atingível da cultura da soja utilizando o Método da Zona Agroecológica, e verificar a tolerância das cultivares de soja ao déficit hídrico a partir da determinação do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky). Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se dados de produtividade agrícola de três cultivares, das safras 2014/15 e 2015/16, a partir de dados da fazenda Mourão grupo Caimbé, situada no município de Campo Verde, MT. Para estimar a produtividade da soja, foi utilizado o método da FAO (1979), com algumas adaptações e dados meteorológicos. O método não permitiu estimar adequadamente os valores de produtividade da cultura da soja, isso pode estar associado a quantidade de dados que não foram suficientes para que o método fosse eficiente, visto que em inúmeros trabalhos semelhantes, autores obtiveram resultados satisfatórios quando haviam grande quantidade de dados da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Glycine max L; modelo agrometeorológico; produtividade

SOYBEAN PRODUCTIVITY ESTIMATION MODEL IN THE SOUTHERN REGION OF MATO GROSSO

ABSTRACT

The use of models for the estimation of crop yield the soybean in function of meteorological variations become an efficient tool when well used and suitable for certain regions. In this context, the objective with this work was to estimate the potential and attainable productivity of the soybean crop using the Agroecological Zone Method and verify the tolerance of the soybean cultivars to the water deficit from the determination of the coefficient of sensitivity to the water deficit (Ky). For the development of the work, data of the agricultural productivity data of three cultivars, from the 2014/15 and 2015/16 harvests was used, from data of the Mourão farm Caimbé group located in the municipality of Campo Verde, MT. To estimate soybean yield, the FAO (1979) methods was used, with some adaptations and meteorological data. The method did not allow to adequately estimate the yield values of the soybean crop, clearly this is associated with the reason that the amount of crop-related data was not sufficient for the method to be efficient, since in numerous similar studies it obtained correlations when there was great amount of data of the culture.

KEY-WORDS: Glycine max L; agrometeorological model; productivity

INTRODUÇÃO

O cultivo de soja *Glycine max* (L.) Merrill no estado do Mato Grosso, predominante em áreas de cerrado, ocupa acima de 9 milhões de hectares, com produção de 31,887 milhões de toneladas e produtividade de 3.350 kg ha⁻¹ (Conab, 2018). A produção da cultura no estado é decorrência do manejo empregado e das condições edafoclimáticas características, que juntas, tornam o estado de Mato Grosso líder na produção de soja no Brasil.

Segundo Doorenbos e Kassam (1994), a produtividade potencial ou máxima (PP) de uma cultura é definida como aquela obtida por uma variedade altamente produtiva e adaptada ao ambiente, sem que haja limitações para o seu desenvolvimento como: água nutrientes, pragas e doenças.

A partir da produtividade potencial, Sentelhas et al. (2016), definiram a produtividade atingível (PA) de uma cultura, que reflete a penalização da (PP) pelo déficit hídrico. Este conceito teórico de (PA), considera que a quebra de produtividade decorre em função da disponibilidade hídrica, do tipo de solo, da demanda atmosférica (evapotranspiração) e do fator de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (ky) (BATTISTI, 2013).

Um modelo pode ser definido como uma equação ou um conjunto de equações que representam um processo (REINOLDS, 1979). O desenvolvimento de modelos tem favorecido a simulação precisa de muitos processos sobre o solo e culturas, fornecendo informações para a análise da sustentabilidade dos recursos naturais com o aumento da produtividade (BOWEN et al., 1993).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste contexto, o objetivo com este trabalho foi estimar a produtividade potencial e atingível da cultura da soja através da parametrização e validação do Método da Zona Agroecológica (FAO), e analisar a tolerância das cultivares de soja ao déficit hídrico a partir da determinação do coeficiente de sensibilidade da cultura (Ky).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os dados de produtividade agrícola da cultura da soja decorrentes das safras 2014/15 e 2015/16, dispostos a partir de dados históricos da fazenda Mourão, grupo Caimbê situada no município de Campo Verde – MT, nas coordenadas geográficas 15°26'23,9" S e 54°58'13,1" W e altitude de 689 m. Os dados de produtividade utilizados para os anos avaliados, correspondem a média de quatro diferentes talhões, sendo avaliadas três variedades cultivadas.

Para a estimativa da produtividade foi utilizado o método da FAO (1979), com algumas adaptações. Os dados foram provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,

2018) e na ausência de dados de precipitação diária (mm) do banco de dados do INMET, estes foram disponibilizados pela Agência Espacial Norte Americana (NASA, 2018).

A estimativa da produtividade potencial para a cultura da soja foi calculada mediante a parametrização do Método da Zona Agroecológica, descritos por Doorenbos e Kassam (1979), mediante os conceitos de (DE WIT, 1965), que descreve as características genéticas da cultura e as condições climáticas (temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo e insolação) como condicionantes desta produtividade.

TABELA 1. Duração do estágio fenológico (G, em dias), coeficiente de correção para o índice de área foliar (Ciaf, adimensional), coeficiente de correção para a respiração (Cresp, adimensional), profundidade do sistema radicular (Zr, em cm), capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD, em mm) e coeficiente de cultivo (Kc, adimensional).

	INICIAL	VEGETATIVO	REPRODUÇÃO	MATURAÇÃO
--	---------	------------	------------	-----------

Parâmetros	VE - V2	V3 – Vn	R1 - R6	R7 - R8
<i>G</i>	10	40	70	10
<i>Ciaf</i>	0,2	0,35	0,5	0,5
<i>Cresp</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Zr</i>	10	25	50	50
CAD	14	35	70	70
Kc	0,35	0,75	1,075	0,75

A ocorrência de deficiência hídrica durante o período de desenvolvimento vegetal induz a redução de processos fotossintéticos, causando grandes impactos no crescimento e rendimento das culturas. Para determinação dos períodos de deficiência hídrica na cultura da soja empregou-se o balanço hídrico na escala decenal. Para estimar o coeficiente de resposta da cultura ao déficit hídrico (*ky*), seguiu-se o método da Zona Agroecológica, descrito por Doorenbos e Kassam (1979).

Foram feitas análises estatísticas para verificar a eficiência do modelo em estimar as produtividades potencial e atingível, e sua relação com a produtividade real observada, sendo necessário avaliar sua exatidão, assimilação e precisão, através do coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de correlação de Pearson (*r*), índice de concordância de Wilmott (*d*) e índice de confiança (*c*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta da planta ao déficit hídrico (*Ky*), (Tabela 2), exceto para a cultivar P98Y30 RR, no primeiro ano, variou entre 0,34 e 0,55. A exceção pode ser atribuída à variabilidade espacial entre os talhões de cultivo, que não foi considerada no trabalho.

TABELA 2. Coeficiente de resposta da cultura ao déficit hídrico (*Ky*) para cultivares de soja, nas safras 2014/15 e 2015/16, na Fazenda Mourão, em Campo Verde, MT.

Cultivares	<i>Ky</i>	
	2014/15	2015/16
M7739 IPRO	0,46	0,34
M8372 IPRO	0,55	0,49
P98Y30 RR	0,02	0,40

Estes valores estimados estão abaixo do valor estimado por Doorenbos e Kassam(1979) para a cultura da soja, que para o período todo foi estimado em 0,85. Os resultados obtidos para produtividade potencial e atingível conforme descrito segundo Doorenbos e Kassam (1979).

Para a cultivar M7739 IPRO a produtividade potencial variou de 4968,67 a 4943,43 kg ha⁻¹, produtividade atingível de 3636,68 a 3423,09 kg ha⁻¹ e a produtividade real de 3957,38 a 3517,20 kg ha⁻¹.

Para a cultivar M8372 IPRO apresentou variação de produtividade potencial de 5415,28 a 5131,48 kg ha⁻¹, para produtividade atingível variou de 4007,07 a 3672,61 kg ha⁻¹ e a produtividade real variou de 3920,92 a 3387,55 kg ha⁻¹.

Já a cultivar P98Y30 RR apresentou variação de produtividade potencial de 4701,27 a 4943,43kg ha⁻¹, para produtividade atingível variou de 3709,97 a 3504,13 kg ha⁻¹ e a produtividade real variou de 4137,90 a 3494,41 kg ha⁻¹.

O modelo apresentou um coeficiente de determinação (R²) de 0,1467, portanto, a relação entre as variâncias das duas grandezas foi menor que 15%.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi de 0,383, enquanto o coeficiente de Wilmott (d) foi de 0,9808 e índice de concordância (c) com valor de 0,37.

Segundo Camargo e Sentelhas (1997), o valor de 0,37 obtido para índice de concordância, indica desempenho considerado “ruim”, indicando que, por este critério, o modelo utilizado não foi adequado para avaliar a produtividade para os dois anos de safras no presente estudo.

Os modelos de produtividade associados aos modelos de balanço hídrico são comumente utilizados para estimar safras. Muitos estudos foram feitos utilizando diferentes modelos, diferentes climas e várias culturas, incluindo avaliações de suas eficiências, como, por exemplo, os de Dourado Neto et al., (2004); Farias et al., (2005), entre outros.

Diante de resultados insatisfatórios com a utilização de coeficientes ou fatores obtidos na literatura, outro procedimento recomendado consiste na realização do ajuste estatístico dos coeficientes ou fatores dos modelos agrometeorológicos. Berlato (1987) relata que diferenças entre as cultivares, manejo, tipo de solo, fertilidade, clima, entre outros, variam de região para região, e até dentro da mesma região, salientando a importância da calibração de coeficientes ou fatores para cada localidade, o que possibilita a obtenção de estimativas mais precisas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O método da Zona Agroecológica não permitiu estimar adequadamente os valores de produtividade atingível da cultura da soja para o município de Campo Verde, MT, isso pode estar associado à quantidade de dados que não foram suficientes para que o método fosse eficiente, visto que em inúmeros trabalhos semelhantes, obtiveram resultados satisfatórios quando haviam grande quantidade de dados da cultura.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BATTISTI, R. Épocas de semeadura da cultura da soja com base no risco climático e na rentabilidade líquida para as principais regiões produtoras do Brasil. 2013. 261 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas)** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

BERNADON, T.; CALGARO, M. Modelo de simulação de crescimento de plantas. **Ambiência**. Guarapuava, PR. v.3 n.2 p. 283-294. 2007.

BOWEN, W. T. et al. Evaluation of the nitrogen submodel of Ceres-Maize following legume green manure incorporation. **Agronomical Journal**, Madison, v.85, n.1, p.153-159, 1993.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 5 – Safra 2017/18 – Oitavo levantamento, maio 2018.

DE WIT, C.T. Pjotosynthesis of leaf canopies. **Wageningen**: Pudoc, 1965. 57 p. (Agricultura Research Report, 663).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO – Irrigação e Drenagem 33, Campina Grande, UFPB, 1994. 306 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H.; BENTVELSEN, C. L. M.; BRANSCHIED, V.; PLUSJÉ, J.M.G.A.; SMITH, M.; UITTENBOGAARD, G.O.; VAN DER WAL, H. K. **Yield response to water**. (Irrigation and Drainage Paper, 33) Rome: FAO, 193p. 1979.

DOURADO NETO, D.; SPAROVEK, G.; FIGUEIREDO JR., L. G. M.; FANCELLI, A. L. ; MANFRON, P. A. ; MEDEIROS, S. L. P. . Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 359-367, 2004.

FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; MARIN, F. R. Modelagem para estimativa de perdas de rendimento de grãos de soja em função da disponibilidade hídrica. 2005. Sete Lagoas- MG. **Anais...Sete Lagoas-MG**, 2005.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Arquivos Climáticos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>.

NASA - Agência Espacial Norte Americana. **Dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>.

REYNOLDS, J.F. Some misconceptions of mathematical modeling. What's. **New Plant Physiology**, v.10, n.11, p.41-44, 1979.

SENTELHAS, P.C.; ANGELOCCI, L.R. **Balanço hídrico: BH climatológico normal, sequencial, de cultura e para o controle de irrigação**. ESALQ/USP. 2007. Disponível em: < <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/aula9.pps> >. Acesso em: 11/04/2012.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; MONTEIRO, L. A.; DUARTE, Y. C. N.; VISSES, F. A. **Yield Gap – Conceitos, definições e exemplos**. Informações agronômicas, nº 155. 13 p. 2016.

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE OVOS NOS CENÁRIOS DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Mayra Taniely Ribeiro Abade¹; Élcio Silvério Klosowski²; Paulo Henrique Caramori³; Jorim Souza das Virgens Filho⁴; Willian da Silva Ricce⁵

Autor para correspondência: mayra_agro2011@hotmail.com

¹Doutoranda na Universidade Estadual do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná; ²Professor Associado, Dr., Universidade Estadual do Paraná, Marechal Cândido Rondon, elciosk1@yahoo.com.br; ³Pesquisador, PhD., IAPAR, Londrina, phcaramori@ipar.br; ⁴Professor Associado, Dr., UEPG, Ponta Grossa, jvirgens@globocom.com; ⁵Pesquisador, Dr., EPAGRI/CIRAM, Florianópolis, willianricce@epagri.sc.gov.br

RESUMO

A temperatura e umidade relativa do ar são os principais elementos climáticos que exercem efeito sobre a produção e o comportamento animal. O efeito destes elementos pode ser combinado em um índice ambiental denominado Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este Índice e a Produção de ovos em função da temperatura do ar foram estimados para o Estado do Paraná no período de 1980 a 2009 (cenário atual) e nos cenários A1FI e B1 no período de 2010 a 2099. Para produção de ovos foi aplicada regressão linear a partir de médias por década. No cenário atual o ITU variou de 62,5 a 72,5. A produção de ovos por ave por dia, neste cenário, foi em média de 0,74. O cenário A1FI de emissões de gases do efeito estufa no período de 2070 a 2099 resultaria em ITU entre 65 e 75. Nos cenários B1 e A1FI de emissão, a produção de ovos deve ser reduzida em 4,2 e 8,8%, respectivamente. Desta forma, as mudanças climáticas proporcionadas pelos cenários de emissões de gases do efeito estufa A1FI e B1 do IPCC implicam em Índice de Temperatura e Umidade (ITU) maior que 71 para grande parte do território paranaense. A Produção de ovos (PO) será reduzida em até 8,8% no Estado do Paraná.

PALAVRAS-CHAVE: Aves de postura; Temperatura do ar; Umidade do ar

GREENHOUSE EFFECT GASES EMISSION IN THE SCENARIOS AND THE EGG PRODUCTION ESTIMATE IN THE PARANÁ

ABSTRACT

Temperature and relative humidity are the climatic elements that have been effect animal production and behavior. The effect of these elements can be combined into an environmental index that was designated Thermal Humidity Index (THI). This index and egg production as a function of air temperature were estimated for the Paraná State from 1980 to 2009 (current scenario) and in the A1FI and B1 scenarios from 2010 to 2099. Linear regression was applied for egg production using averages per decade. In the current scenario, the THI ranged from 62.5 to 72.5. The average egg production, in this scenario, was 0.74 per bird per day. The A1FI scenario of greenhouse gas emissions in the period 2070 to 2099 would result in THI between 65 and 75. In the B1 and A1FI emission scenarios, egg production should be reduced by 4.2 and 8.8%, respectively. Thus, the climatic changes provided by the IPCC A1FI and B1 greenhouse gas emission scenarios imply a Thermal Humidity Index (THI) greater than 71 for most Paraná territory. Egg production (PO) will be reduced up to 8.8% in the Paraná State.

KEY-WORDS: Laying hens; Air temperature; Air humidity

INTRODUÇÃO

Os estressores de natureza física ou climáticos incluem temperatura, umidade, radiação solar, etc. Todas as possíveis combinações destes elementos caracterizam o ambiente térmico podendo afetar o crescimento, produção e a reprodução dos animais. Em regiões de clima quente predomina o estresse por calor (BACCARI Jr., 2001). Os elementos climáticos podem ser combinados em um valor único ao qual se denomina índice ambiental. Dentre os índices utilizados para caracterização do ambiente climático pode ser utilizado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no qual se empregam valores de temperatura do ar e de um parâmetro que expressa a medida de umidade do ar (SILVA, 2008).

Como a temperatura do ar é um dos elementos de maior peso na estimativa dos índices ambientais. E, se as projeções de mudança climática global previstas pelo IPCC (2000) se confirmarem. Na família de cenários A1 se descreve um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido e o grupo FI se distingue por ênfase tecnológica intensiva no uso de combustíveis fósseis. Neste cenário, então, a faixa provável de mudança na temperatura do ar se encontra entre 2,4 e 6,4°C com a melhor estimativa de até 4,0°C. A família de cenários B1 pressupõe introdução de tecnologias limpas e eficientes em relação ao uso dos recursos. A ênfase está nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. Para este cenário, a faixa provável de elevação da temperatura do ar seria de 1,9 a 2,9°C com a melhor estimativa de 1,8°C para a década de 2090. Nestes cenários, portanto, as condições de ambiente térmico devem, cada vez mais, se afastar da zona de conforto térmico e provocar perdas na produção animal (p.e. em aves poedeiras).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi simular os efeitos das mudanças climáticas considerando os cenários de emissões de gases do efeito estufa B1 e A1FI do IPCC sobre o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e a Produção de ovos (PO) para as condições do Estado do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os valores médios diários de temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho observados nas estações meteorológicas da rede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2019) correspondentes ao período de 1980 a 2009 foram utilizados para o cálculo do ITU e para estimativa da produção de ovos.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) pode ser determinado a partir da temperatura do ar e da umidade relativa do ar ou temperatura de bulbo molhado ou da temperatura do ponto de orvalho conforme se apresenta na equação proposta por Baccari Jr. e colaboradores em 1983 (BACCARI JR., 2001) a seguir:

$$ITU = tar + 0,36 \times tpo + 41,5$$

Na fórmula as siglas ITU, Tar e tpo, significam: Índice de Temperatura e Umidade (adimensional); temperatura de bulbo seco ou do ar (°C) e tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C), respectivamente.

em que:

A Produção de Ovos (PO) de acordo com Ota et al. (1953) citados por HAHN (1993) pode ser estimada tomando-se como base aves da linhagem Rhode Island Red de 2,25 kg de massa corporal pela seguinte equação:

$$PO = 0,556 + 0,0389 \times tar - 0,00179 \times tar^2 + 0,0000186 \times tar^3$$

em que:

PO = produção de ovos por ave por dia

tar = temperatura de bulbo seco ou do ar (°C).

Para o período de 2010 a 2099 foram geradas cinco situações diárias a partir do Software “PGECLIMA_R” – Gerador Estocástico de Cenários Climáticos (Virgens Filho, *et al.*, 2011) para um acréscimo de 1,8°C na temperatura do ar e a partir de valores médios diários foram estimados o Índice de Temperatura e Umidade e para a produção de ovos, da mesma forma se procedeu para um acréscimo de 4,0°C.

Ao conjunto de dados meteorológicos observados (1980 a 2009) se atribuiu a denominação de cenário atual. Aos dados simulados (2010 a 2099) para um acréscimo de 1,8°C se atribuiu a denominação de melhor cenário. Aos dados simulados para um acréscimo de 4,0°C se atribuiu a denominação de pior cenário.

A partir dos valores médios diários da produção de ovos (PO) foram determinadas médias anuais e por décadas, as quais foram aplicadas regressão linear, por meio do programa estatístico SAS versão 9.4 (SAS INSTITUTE, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Figura 1 (a) no cenário atual, os valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) são superiores a 70 somente para o extremo noroeste do Estado do Paraná. Na Figura 1 (b), pior cenário para o período 2070 a 2099, este Índice chega a 75 e valores acima de 70 podem ser observados em uma maior porção do Estado. De acordo com HAHN (1985), ITU entre 71 e 78 caracteriza uma situação de estresse de calor considerada crítica. Estes resultados por se tratarem de valores médios decadais para o Estado não representam condições pontuais de estresse de calor mais intenso como relatado por Klosowski *et al.* (2002), para as condições de verão em Maringá, Paraná, que obtiveram valores de ITU superiores a 75, no período do dia compreendido entre 11 e 19:00h.

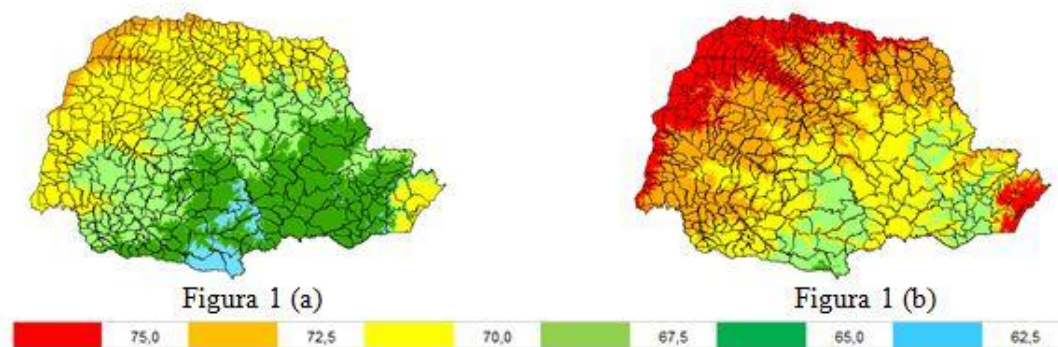


Figura 1. Índice de temperatura e umidade (ITU) nos cenários atual (a) e no pior cenário para o período de 2070 a 2099 (b) no estado do Paraná.

A estimativa da produção média de ovos para o período entre 1980 e 2009 (cenário atual) foi de 0,74 ovos por ave por dia (Figura 2). Para o período de 2010 a 2099, no melhor e pior cenários, as estimativas apontam para uma redução na produção de ovos, provocada pelas condições desconfortáveis de temperatura e umidade relativa do ar (TRINDADE, 2007). Caso haja um aumento de 1,8°C na temperatura do ar (melhor cenário), representará redução de 4,2% na produção de ovos. Enquanto que para o pior cenário, a redução será de 8,8%.

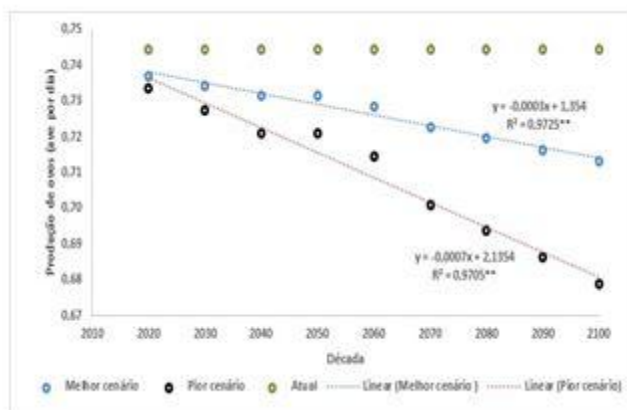


Figura 2. Valores médios estimados por década da produção de ovos (PO) para o período de 2010 a 2099 nos cenários atual, melhor e pior, para o Estado do Paraná.

** Ao nível de 1 % de significância

A menor produção de ovos para o melhor e pior cenários em relação ao atual se devem às condições de elevada temperatura do ar (acima de 25°C) (Ferreira, 2005), principalmente se associadas à umidade relativa do ar que resultam em valores do Índice de Temperatura e Umidade acima de 71.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As mudanças climáticas proporcionadas pelos cenários de emissões de gases do efeito estufa A1FI e B1 do IPCC implicam em Índice de Temperatura e Umidade (ITU) maior que 71 para grande parte do território paranaense e redução de até 8,8% na Produção de ovos (PO).

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Financiamento do projeto: FINEP, REF.1414/08 DOU nº 161 de 24 de agosto de 2009, Seção 3, Página 12.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BACCARI JR, Flavio. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora UEL, 2001. 142 p.

FERREIRA, Rony Antônio. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa – MG: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

HAHN, G.L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28p.

IAPAR. **Médias Históricas em Estações do IAPAR**. 2019. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>. Acesso em 18/12/2019.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Escenários de emissões; resumen para responsables políticas**. Geneva: IPCC, 2000. 27p.

KLOSOWSKI, E. S; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T; GASPARINO, E. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria – RS. v.10, n.2, p.283-288, 2002.

SAS INSTITUTE INC. **SAS University Edition: Installation guide for Windows**. Cary: SAS Institute, 2014.

SILVA, Roberto Gomes. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: FUNEP, 2008p. 393p.

TRINDADE, J. L., NASCIMENTO, J. W. B, FURTADO, D.A. Qualidade do ovo de galinha criadas em galpões no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB. Ano 11, n.6, p. 652-657, 2007.

VIRGENS FILHO, J.S., FÉLIX, R.P., LEITE, M.L., TSUKAHARA, R.Y. PGECLIMA_R: Gerador estocástico para simulação de cenários climáticos brasileiros. I – Desenvolvimento do gerenciador do banco de dados climáticos. IN: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Guarapari – ES, Anais..., Guarapari, ES: SBAGro, 2011.

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES NUAS E INCRUSTADAS DE *BRACHIARIA BRIZANTHA*

Genilza Almeida da Graça¹; Michelle Conceição Vasconcelos¹; Marisa Silva Vieira¹; Saulo de Jesus Dantas¹; Allana Mellyse Barbosa Rodrigues¹

Autor para correspondência: almeidagenilza@hotmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

A formação de uma boa pastagem com ótimo desempenho, só é obtida com a utilização de sementes de alta qualidade, tornando-se necessários estudos em busca de novas tecnologias. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de sementes nuas e incrustadas de *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 sob condições laboratoriais. Os experimentos foram conduzidos utilizando-se sementes nuas e incrustadas distribuídas em papel mata-borrão umedecido com água destilada, 2,5 vezes o seu peso seco dos papéis. Foram avaliadas oito repetições de 25 sementes cada. As sementes foram acondicionadas em incubadora do tipo B.O.D a 25°C e com fotoperíodo de 12 h. A primeira contagem foi realizada ao sétimo dia após a semeadura e a última contagem ao vigésimo primeiro dia. Foram avaliados a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). Além da germinação, foi realizado a determinação do teor de água, peso de mil sementes, condutividade elétrica e comprimento de plântula. As sementes nuas cotiam 9,7% de teor de água, peso de mil sementes de 10,56 g, IVG de 7,9 e 40% de germinação. As sementes incrustadas tinha teor de água de 3,7%, peso de mil sementes de 36,20 g, IVG de 8,0 e 45% de germinação. Apesar da baixa porcentagem de germinação das sementes nuas e incrustadas, é possível afirmar que o tratamento de sementes para a *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 é importante, pois diminui a incidência de fungos e melhora o desempenho e o desenvolvimento das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Revestidas; Poaceae; Qualidade

GERMINATION AND VIGOR OF NOSE AND STARCH SEEDS *BRACHIARIA BRIZANTHA*

ABSTRACT

The formation of a pasture with good performance is only obtained with the use of seeds of high quality, with that it is necessary studies in search of new technology. Faced with this, the aim of this research was to evaluate the performance of bare and encrusted seeds of *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 under laboratory conditions. The experiments were conducted using bare and encrusted seeds distributed on blotter paper moistened with distilled water, 2.5 times their dry weight of the papers, with eight replicates of 25 seeds each. The seeds were conditioned in a type incubator B.O.D at 25°C and with photoperiod of 12 h. The first count was performed seven days after sowing and the last count on the twenty-first day. The percentage of germination and germination speed index (IVG) were evaluated. In addition to the germination, the determination of the water content, thousand seed weight, electrical conductivity and seedling length. The bare seeds were 9.7% water content, weight of one thousand seeds of 10.56 g, IVG of 7.9 and 40% of germination. The inlaid seeds had water content of 3.7%, weight of one thousand seeds of 36.20 g, IVG of 8.0 and 45% of germination. Despite the low percentage of germination of bare and encrusted seeds, it is possible to affirm that the seed treatment for *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 is important, since it reduces the incidence of fungi and improves the performance of seedling development.

KEY-WORDS: Coated; Poaceae; Quality

INTRODUÇÃO

O Brasil conhecido mundialmente como celeiro agrícola pelos ótimos índices de produtividade alcançados na produção de commodities, como a soja e o milho, tem ganhado destaque também na produção e exportação de carne bovina. Atualmente, o Brasil possui o segundo maior rebanho do mundo com aproximadamente 227 milhões de animais, perdendo apenas para a Índia, onde o rebanho ultrapassa os 300 milhões. E sendo o segundo maior exportador de carne bovina do mundo, tendo como mercado principal a China, segundo a USDA (FARMNEWS, 2019).

Os ótimos índices alcançados pelo Brasil na produção de carne dão-se pelo ótimo desempenho agrícola citado anteriormente, mas o elemento principal para esses resultados é a qualidade da pastagem, pois essa compõe 60% da alimentação de animais ruminantes, pois pastagens de boa qualidade implicam em melhor desempenho e produtividade animal.

Em 2011, possuíamos a quarta maior área de pastagem em todo mundo (ANUALPEC, 2011). Com isso, em 2012, o país possuía uma área de aproximadamente 60 milhões de hectares de pastagens naturais e 120 milhões de pastagens cultivadas, das quais 8 milhões são renovadas anualmente. Esta área total com pastagens é mais de três vezes a utilizada para a produção de grãos, que supera 50 milhões de hectares (SOUZA, 2012). Dentre as espécies mais difundidas estão a *Brachiaria decumbens* e a *B. brizantha* (GERDES, et al., 2000).

Gramíneas do gênero *Brachiaria* constituem no Brasil as principais espécies forrageiras cultivadas e utilizadas para formação de pastagens. No entanto, 60% do total das áreas de pastagem brasileiras apresentam algum estágio de degradação (ANUALPEC, 2011). Vários são os fatores que contribuem para essa degradação, desde a implantação e estabelecimento das pastagens por meio de sementes de má qualidade até a sua utilização (MACEDO, 1995).

A má formação de pastagens implica em baixa produtividade e inviabilidade econômica. Um dos fatores que mais contribui para o estabelecimento de pastagens é a escolha de sementes de qualidade, que refletirá na uniformidade da pastagem e cobertura mais rápida do solo, havendo conseqüentemente uma diminuição da erosão, menor infestação de plantas daninhas e resultando na utilização da pastagem em menor espaço de tempo (KICHEL et al., 1999). Além de transportar todo o potencial genético da espécie, e todas essas considerações, justificam a importância do estudo e avaliação das sementes (GUIMARÃES et al., 2006).

Além da qualidade genética, devem-se observar outros atributos para considerar uma semente de qualidade. Desta forma, para avaliação da qualidade de um lote de sementes deve-se observar também a qualidade física, fisiológica e sanitária, pois são esses atributos que determinarão seu valor para semeadura. A tecnologia de sementes, como segmento do processo de produção, tem procurado aprimorar os testes usados para avaliar o potencial fisiológico das mesmas objetivando resultados que expressem o potencial de desempenho do lote de sementes sob diferentes condições de campo (DUTRA e VIEIRA, 2004).

A qualidade fisiológica da semente é avaliada rotineiramente pelo teste de germinação que, conduzido sob condições ótimas de ambiente, fornece o potencial máximo de germinação, estabelecendo o limite para o desempenho do lote após a sua semeadura (BRASIL, 2009). Em adição aos testes de germinação vem sendo utilizados atualmente testes de vigor, pois é por meio desses testes que se buscam obter respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação, possibilitando a obtenção de informações consistentes, considerando que o vigor é reflexo de um conjunto de características que determinam seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas a diferentes condições de ambiente (OHLSON et al., 2010).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar o desempenho de sementes nuas e incrustadas de *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 sob condições laboratoriais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com sementes de brachiaria nuas e incrustadas. As sementes foram submetidas à determinação do teor de água, utilizando-se o método da estufa a 105°C durante 24 horas de acordo com as Regras para Análise de Sementes, RAS (BRASIL, 2009). O peso de mil sementes, foi realizado seguindo a metodologia proposta pela RAS, com oito repetições de 100 sementes e o resultado expresso em gramas. O teste de condutividade elétrica, foi realizado somente em sementes nuas com o auxílio de um condutivímetro, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes cada com 50 mL de água Mili-Q, o resultado foi expressão em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (AOSA, 1983). Para o teste de germinação, foram montadas oito repetições de 25 sementes, elas foram dispostas em papel mata-borrão, umedecido com 2,5 vezes o peso seco dos papéis com água destilada. Em seguida, estes foram acondicionados em incubadora do tipo B.O.D. a 25°C com fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram feitas de dois em dois dias, computando-se o número de plântulas normais, onde a primeira contagem foi realizada ao sétimo dia após semeadura, já a porcentagem de germinação foi determinada na última contagem, ao vigésimo primeiro dia. Concomitante ao teste de germinação, foi realizado o índice de velocidade de germinação (IVG) calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962). O comprimento de plântulas, foi realizado com auxílio de régua milimetrada, foram medidos o comprimento total de oito repetições de quatro plântulas para as sementes nuas e oito repetições de seis plântulas para as incrustada. A análise dos dados foram realizados com auxílio do programa Sisvar[®], em que realizou-se a análise de variância a 5% de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes nuas apresentaram um teor de água de 9,7% implicando numa maior quantidade de água quando comparada as sementes incrustadas, que apresentaram 3,7%. Isso ocorre devido ao tratamento de revestimento, que implica em condições mais baixa de teor de água, para que não ocorra à deterioração da semente. Além disso, o revestimento torna a semente impermeável impossibilitando assim as troca gases com o meio.

O peso de mil sementes, apresentou diferença significativa onde as sementes nuas apresentaram peso de mil sementes de 10,56 g e as sementes incrustadas totalizou 36,20 g, essa diferença é normal, pois nas sementes com tratamento está incluso o peso do revestimento. Em contrapartida, as incrustadas apresentou um elevado coeficiente de variação 9,53% quando comparadas as sementes nua 1,4%, isso se dá, porque as sementes menores podem receber mais revestimento e com isso aumentar o peso. Por meio das informações obtidas a partir desse teste, é possível calcular a densidade de semeadura durante o plantio, pode-se também estimar a quantidade de sementes contidas nas embalagens e seus respectivos tamanhos, estado de maturidade e sanidade das sementes.

O teste de condutividade elétrica, foi realizado somente com sementes nuas e obteve-se uma condutividade média de 39,69 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Valores dentro dos encontrados por Santos (2017), que avaliou a condutividade elétrica de sementes de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Com este resultado, pode-se afirmar que a membrana celular encontra-se íntegra e que as sementes não estão em estágio avançado de deterioração.

Por meio do IVG, não observou-se diferenças significativas, pois para as sementes nuas verificou-se um IVG de 7,9 e as incrustadas de 8,0. O mesmo ocorreu para a primeira contagem, onde as sementes incrustadas apresentaram uma porcentagem de 62% e as sementes nuas de 32%. A porcentagem de germinação das sementes nuas, foi de 40% e das sementes incrustadas 45%. Valores esses abaixo do exigido pelo ministério da agricultura, em que são exigidos 60% de germinação (BRASIL, 2008). Os baixos valores

de germinação para ambas as sementes podem ser explicados pela presença de dormência relatada para a *brachiaria*, como as dormências fisiológica, morfológica e física, que podem ocorrer de forma isolada ou combinada. Dificultando dessa forma, a determinação da sua qualidade fisiológica por meio de métodos de germinação, bem como a emergência das plântulas no campo e o estabelecimento de pastagens (COSTA et al., 2011).

Foi aferido o comprimento das plântulas, as sementes nuas apresentaram um baixo desempenho quando comparadas com as sementes incrustadas, onde a média das plântulas foi de 3,5 cm e 4,6 cm respectivamente. O comprimento de plântulas, tem como objetivo determinar o vigor relativo do lote de sementes por meio de avaliação do comprimento médio de plântulas ou de suas partes. Esse teste, parte do princípio de que sementes de qualidade originam plântulas vigorosas e com maior taxa de crescimento por apresentarem boas taxas de reserva para suprir as necessidades da plântula, refletindo assim no desempenho das plântulas em campo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Apesar da baixa porcentagem de germinação das sementes nuas e incrustadas, é possível afirmar que o tratamento de sementes para a *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 é importante, pois diminui a incidência de fungos e melhora o desempenho e o desenvolvimento das plântulas.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS - AOSA. 1983. **Seed vigour-testing handbook**. East Lansing: AOSA, 85p. Disponível em: <<http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/63/0>>. Acesso em: 22 de maio 2019.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2011. 378p. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br>>. Acesso em: 20 de maio 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; GABINETE DO MINISTRO. Instrução normativa nº 30, de 21 de maio de 2008. **Diário Oficial da União**, 2008. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 22 de maio 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. DF: MAPA, 2009. 395p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf>. Acesso em: 22 de maio 2019.

COSTA, C. J.; ARAÚJO, R. B.; BÔAS, H. D. C. V. Tratamentos para a superação de dormência em sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 519-524, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v41n4/a11v41n4.pdf>>. Acesso em: 22 de maio 2019.

DUTRA, A.S.; VIEIRA, D.V. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n3/a10v34n3.pdf>>. Acesso em: 22 de maio 2019.

FARMNEWS. Disponível em: <<http://www.farmnews.com.br/mercado/produtores-de-carne-bovina/>>. Acessado em: 15 de mar. 2019.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; CARVALHO, D. D.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características agrônomicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 4, p. 947-954, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n4/5605.pdf>>. Acessado em: 15 de mar. 2019.

GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; VIEIRA, A.R. Aspectos fisiológicos de sementes. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 232, p. 40, 2006.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema do cerrado: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Andrade, R.P.; Barcelos, A.O.; Rocha, C.M.C. (eds.). **SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS – PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**, 32, Brasília, 1995. Anais... Brasília: SBZ, p.28- 62, 1995.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n. 1, p. 176-177, 1962. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176>>. Acesso em: 20 de maio 2019.

OHLSON, O.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CAIEIRO, J.T. PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 118-124, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n4/13.pdf>>. Acesso em: 20 de maio 2019.

SANTOS, T.A.O. **Capacidade fisiológica de sementes de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk**. Areia: UFPB/CCA, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/2713/1/TAOS27022017.pdf>>. Acesso em: 20 de maio 2019.

SOUZA, F.D. O negócio de sementes de forrageiras no Brasil. **Seed News**. v. 16, n. 5, p. 16-19, 2012. Disponível em: <<https://seednews.com.br/edicoes/artigo/964-brasil-e-o-negocio-internacional-de-sementes-edicao-setembro-2012>>. Acesso em: 20 de maio 2019.

CRESCIMENTO INICIAL DE GARAPEIRA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

Daniela Roberta Borella¹; Kalisto Natam Carneiro Silva¹; Júlio Henrique Germano de Souza¹; Leonardo Martins Moura dos Santos¹; Matheus Caneles Batista Jorge¹
Autor para correspondência: drborella@gmail.com

¹Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de *Apuleia leiocarpa* em níveis crescentes de sombreamento. A produção das mudas ocorreu na estação seca durante 165 dias após o transplântio – DAT em telas poliolefinas sob 35, 50, 65 e 80% de sombreamento e ao pleno sol (controle). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto de 25 repetições por tratamento nos DAT, a partir dos 13 DAT iniciou-se as medidas de altura, diâmetro, número de folhas e de folíolos a cada 30 dias, perfazendo-se 6 avaliações. Houve interação entre níveis de sombreamento e os DAT com comportamento crescente das variáveis de crescimento das mudas de *A. leiocarpa*. O sombreamento de 80% propiciou a máxima altura da muda com 37,15 cm e número de folhas 11 aos 165 DAT. Na tela de 65% de sombreamento evidenciou-se o maior diâmetro da muda em 3,84 mm. Níveis crescentes de sombreamento influenciaram para o aumento do crescimento inicial de *A. leiocarpa*, com maior crescimento das mudas em nível intermediário de 65% de sombreamento, alcançando os padrões estabelecidos para transplântio em campo aos 165 DAT.

PALAVRAS-CHAVE: *Apuleia leiocarpa*; Luz; Telados de cultivo protegido

INITIAL GROWTH OF GARAPEIRA UNDER DIFFERENT SHADING LEVELS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the initial growth of *Apuleia leiocarpa* in increasing levels of shading. Seedling production occurred in the dry season for 165 days after transplanting - DAT in polyolefin screens under 35, 50, 65 and 80% of shading and at full sun (control). The experimental design was completely randomized, consisting of 25 replicates per treatment in the DAT, from the 13 DAT the measurements of height, diameter, number of leaves and leaflets were started every 30 days, with 6 evaluations. There was interaction between levels of shading and DAT with increasing behavior of the growth variables of *A. leiocarpa* seedlings. The shading of 80% provided the maximum height of the seedling with 37.15 cm and number of leaves 11 to 165 DAT. In the 65% shading screen, the largest diameter of the seedling was 3.84 mm. Increasing levels of shading influence the initial growth of *A. leiocarpa*, with higher growth of seedlings at intermediate level of 65% shading, reaching the standards established for field transplanting at 165 DAT.

KEY-WORDS: *Apuleia leiocarpa*; Light; Protected-cultivation screens

INTRODUÇÃO

A espécie *Apuleia leiocarpa* (Família Fabaceae) está amplamente distribuída pelo território brasileiro, compondo fragmentos florestais em recomposição dos Biomas Mata Atlântica e Cerrado, a planta tem

potencial madeireiro, para fins medicinais, apícolas e ecológicos fornecendo subsídio à fauna silvestre (CARVALHO, 2003). Contudo, devido à crescente abertura de florestas nativas, ela está ameaçada de extinção.

O uso de telas de sombreamento modifica a radiação solar incidente, por consequência, a temperatura, umidade relativa do ar e demanda hídrica da cultura (BORELLA, 2018), fatores cruciais para o balanço da produção de açúcares pertencentes a estrutura bioquímica das plantas mediante a respiração celular (MARENCO et al., 2014). Exigindo aclimações morfofisiológicas que possibilitem a sobrevivência sob condições de estresse ambiental e estabelecimento de plantas em campo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo foi avaliar o crescimento inicial de *Apuleia leiocarpa* em níveis crescentes de sombreamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre 20/07 a 15/10/2018 (165 dias) na Universidade Federal de Mato Grosso (11° 51' 50" S e 55° 29' 08" W, 384,0 m). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é o Aw clima tropical de Savana quente e úmido, com dois regimes pluviométricos durante o ano, o seco (maio a setembro) e o chuvoso (outubro a abril), as temperaturas médias mensais variam de 24 a 27 °C e a precipitação média anual é de 1970 mm (SOUZA et al., 2013).

Sementes de *A. leiocarpa* passaram por quebra de dormência em solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 95% por 5 minutos, lavadas em água corrente e semeadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial sob viveiros suspensos, alinhados no sentido Leste-Oeste (3,0 x 1,0 x 1,0 m, comprimento x largura x altura) com coberturas superiores, frontais e laterais de telas poliolefinas agrícolas pretas de 35, 50, 65 e 80% de sombreamento e ao pleno sol (controle) e três regas por dia. As plântulas normais foram transplantadas para tubetes de polietileno pretos de 820 cm³ na formulação (2 solo florestal: 1 substrato comercial).

A análise de crescimento não destrutiva iniciou-se aos 13 dias após transplântio – DAT em intervalos sequenciais de 30 dias, perfazendo 6 avaliações. Aferiu-se altura até a última inserção foliar e diâmetro do coleto com auxílio de régua graduada (cm) e paquímetro digital centesimal (0,01 mm), respectivamente, e contou-se o número de folhas e folíolos.

No pleno sol, monitorou-se as condições micrometeorológicas pela estação meteorológica automática Instrutemp modelo ITWH-1080 da UFMT, com armazenamento dos dados a cada 30 min, e medidas diárias de insolação (heliógrafo Campbell-Stokes) e altura pluviométrica (pluviômetro Ville de Paris). Estimou-se a radiação global pela insolação, com coeficientes linear (a) e angular (b) calibrados regionalmente na escala mensal (MARTIM et al., 2014).

Nos telados, foram instalados sensores termo-higrômetro datalogger Instrutemp modelo HT 4000 ICEL a 1,5 m do solo, com armazenamento dos dados a cada 30 min. Determinou-se a transmissividade da radiação global nas telas conforme descrito por Borella (2018) a partir de leituras pontuais com o sensor piranômetro MP-200 (radiação global).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, fatorial duplo 5 x 6 (níveis crescentes de sombreamento x dias após transplântio). Os dados foram submetidos a análise de variância ao nível de significância de 5%, e ajustados os modelos de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios diários de temperatura e umidade relativa ar na condição de pleno sol ao longo do período experimental foram de 26,43 °C e 69,5%, respectivamente, os demais tratamentos apresentaram dinâmica semelhante (Figura 1A e B). A precipitação total foi de 727,63 mm, concentrada a partir dos 78

DAT. O início do período chuvoso da região levou a redução da temperatura e aumento gradativo da umidade relativa do ar (Figura 1D). Este comportamento corrobora com o observado por Souza et al. (2013).

A radiação global e a insolação total diária oscilaram de 7,08 e 22,51 MJ m⁻² dia⁻¹ e de 0h a 11,2h (Figura 1C e D). Nas telas as transmissividades da radiação global incidente foram de 50,11; 43,76; 32,18 e 12,19% para as respectivas indicações comerciais de 35, 50, 65 e 80% de sombreamento.

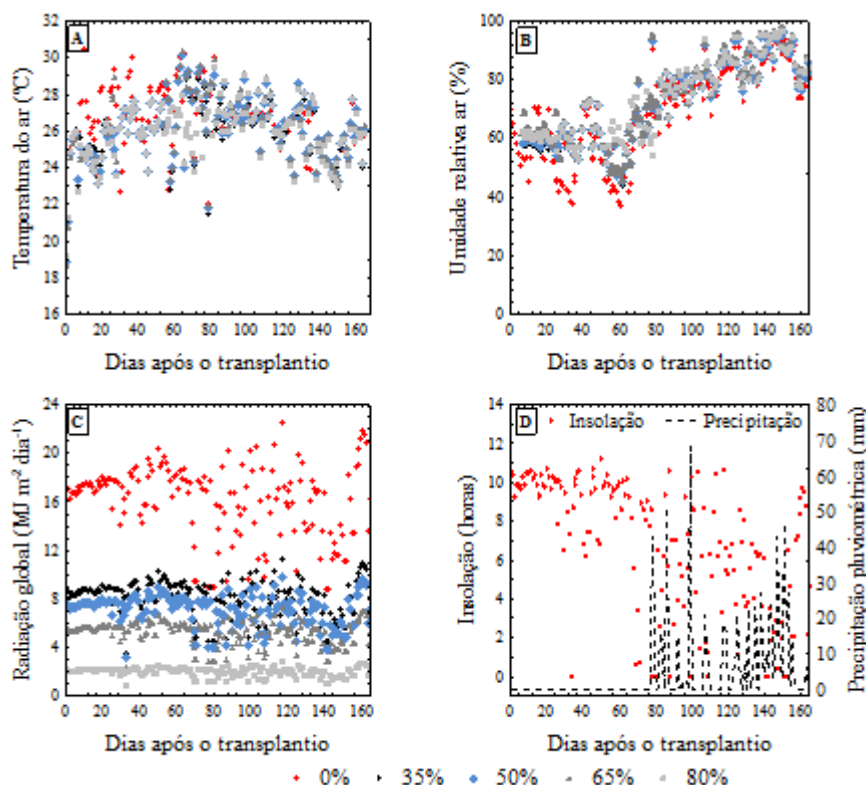


Figura 1: Médias diárias de temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B); valores de radiação global (C); medidas de insolação e precipitação pluviométrica (D), Sinop – MT.

Houve interação entre níveis de sombreamento e dias após o transplantio para todas as variáveis de crescimento das mudas de *A. leiocarpa*. O desdobramento sucedeu-se através do ajuste de modelos de superfícies de resposta (Figura 2). César et al. (2014) encontraram resultado semelhante para altura, diâmetro e número de folhas de *Pterogyne nitens*, obtendo superfícies de resposta em função da restrição percentual de radiação luminosa e os dias após a emergência das plântulas.

Valores de crescimento em altura e diâmetro ao longo dos DAT ajustaram-se a modelos quadráticos com coeficientes positivos (Figura 2A e B), os incrementos dos dois tornaram-se mais acentuados próximos aos 90 DAT. Este comportamento deve-se ao aumento da disponibilidade hídrica em conjunto do crescimento da *A. leiocarpa*.

O sombreamento de 80% propiciou a maior altura 37,15 cm e número de folhas 11 e o de 65% proporcionou aumento do diâmetro das mudas em 3,84 mm aos 165 DAT. Enquanto que o comportamento linear e quadrático crescentes do número de folhas e de folíolos nos níveis de sombreamento indicam que os indivíduos não atingiram a perda e ganho equivalentes do aparato fotossintético.

A menor incidência de luz sobre os vegetais pode induzi-los a estratégias de mudanças morfofisiológicas, como o estiolamento dos tecidos do caule a fim de maximizar a fração interceptada da radiação solar (RUBERTI et al., 2012), bem como a rustificação do caule, característica esta que permite a sustentação da parte aérea e maiores chances de estabelecimento em condições de plantios florestais.

O monitoramento do crescimento não destrutivo nos permite qualificar características ambientais ideias para a produção de mudas florestais de qualidade considerando os níveis de restrição da radiação solar durante determinado período (MONTEIRO, 2015). Contudo, é essencial saber da repartição de biomassa aérea e

radicular pelos indivíduos a fim de garantir o seu potencial de estabelecimento em condições ambientais adversas.

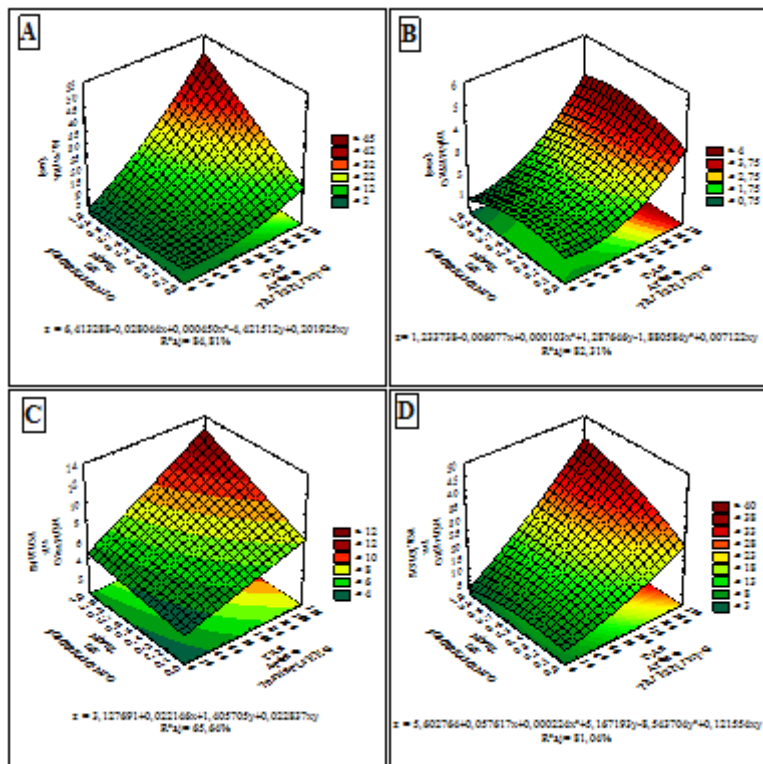


Figura 2: Superfície de resposta: altura (A), diâmetro (B), número de folhas (C) e número de folíolos (D) de *A. leiocarpa* nos níveis de sombreamento e dias após o transplântio, Sinop - MT.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Níveis crescentes de sombreamento influenciam para o aumento do crescimento inicial de *Apuleia leiocarpa*, com maior crescimento sob nível intermediário de 65% de sombreamento, alcançando os padrões estabelecidos para transplântio em campo aos 165 DAT.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

CAPES (Financing code n. 001), CNPq (Process: GM/GM 140909/2017-6), CNPq (scientific initiation scholarships).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BORELLA, D. R. **Respostas ecofisiológicas de *Dipteryx alata* Vogel em diferentes níveis de radiação solar**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

CARVALHO, P. E. R. **Grápia**. Colombo: Embrapa florestas, 2003. 15 p. (Circular técnica, 77).

CÉSAR, F. R. C. F.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; BONFIM, J. A. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. conduzidas sob diferentes níveis de restrição luminosa artificial. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 357-366, 2014.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 7, p. 786-799, 2014.

MARTIM, C. C.; SOUZA, A. de P.; PAULINO, J.; ALMEIDA, F. T. de; ARANTES, K. R. Coeficientes de Angstrom-Prescott para a região Norte do Mato Grosso: Primeira Aproximação. In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2014, Campo Grande - MS. **Anais do XLIII CONBEA 2014**. Jaboticabal: SBEA, 2014.

MONTEIRO, E. B. **Crescimento e necessidades hídricas de mudas florestais em diferentes condições de sombreamento**. 2015. 218 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop.

RUBERTI, I.; SESSA, G.; CIOLFI, A.; POSSENTI, M.; CARABELLI, M.; MORELLI, G. Plant adaptation to dynamically changing environment: The shade avoidance response. **Biotechnology Advances**, New York, v. 30, p. 1047-1058, 2012.

SOUZA, A. P., MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

CRESCIMENTO INICIAL DE GARAPEIRA SOB TELAS COLORIDAS

Daniela Roberta Borella¹; Júlio Henrique Germano de Souza¹; Kalisto Natam Carneiro Silva¹; Leonardo Martins Moura dos Santos¹; José Paulo Farias Neto²
Autor para correspondência: drborella@gmail.com

¹Universidade Federal de Mato Grosso; ²Universidade Federal de Rondônia

RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de *Apuleia leiocarpa* em níveis espectrais da radiação solar. A produção das mudas ocorreu na estação seca durante 165 dias após o transplântio – DAT em telas poliolefinas aluminet, vermelha, azul, verde e preta, todas com 50% de sombreamento) e à pleno sol (controle). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto de 25 repetições por tratamento ao longo dos DAT, a partir dos 13 DAT iniciou-se as aferições de altura, diâmetro, número de folhas e de folíolos a cada 30 dias, perfazendo-se 6 avaliações. Mudas de *A. leiocarpa* apresentaram valores médios crescentes das variáveis de crescimento ao longo do tempo nos tratamentos. As telas aluminet e preta permitiram maior crescimento em altura 32,01 e 27,12 cm e diâmetro 3,99 e 3,78 mm, que as do pleno sol 12,72 cm e 2,72 mm, aos 165 DAT. Níveis espectrais da radiação solar influenciam no crescimento inicial de *A. leiocarpa*, com maior crescimento sob tela preta e aluminet com 50% de sombreamento, alcançando os padrões estabelecidos para transplântio em campo aos 165 DAT.

PALAVRAS-CHAVE: *Apuleia leiocarpa*; Qualidade da luz; Produção de mudas

INITIAL GROWTH OF GARAPEIRA UNDER COLORED SCREENS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the initial growth of *Apuleia leiocarpa* at spectral levels of solar radiation. The seedlings production occurred in the dry season for 165 days after transplanting - DAT on aluminet, red, blue, green and black polyolefins, all with 50% shading) and full sun (control). The experimental design was completely randomized, consisting of 25 replicates per treatment along the DAT. From the 13 DAT, measurements of height, diameter, number of leaves and leaflets were started every 30 days, with 6 evaluations. Seedlings of *A. leiocarpa* showed increasing mean values of growth variables over time in treatments. The aluminet and black screen allowed greater growth in height 32.01 and 27.12 cm and diameter 3.99 and 3.78 mm, than those of the full sun 12.72 cm and 2.72 mm, at 165 DAT. Spectral levels of solar radiation influence the initial growth of *A. leiocarpa*, with higher growth under black screen and aluminet with 50% shading, reaching the standards established for field transplanting at 165 DAT.

KEY-WORDS: *Apuleia leiocarpa*; Quality of light; Seedling production

INTRODUÇÃO

A espécie *Apuleia leiocarpa* (Família Fabaceae) é nativa da Mata Atlântica, Florestas Ombrófila Densa e Estacionais, sua madeira é usada em marcenaria, esquadria, carroceria, trabalhos em torno e para construção civil, além de fornecer subsídio à fauna silvestre e as populações tradicionais (LORENZI, 2008), devido seu potencial ela está ameaçada de extinção.

A radiação solar exerce papel fundamental sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, a partir da fotossíntese que determina a quantidade de CO₂ assimilado pelos vegetais e alocação da biomassa, além da influência do microclima (SHAHAK et al., 2002). Neste sentido, o uso de sombreamento artificial fornece informações relacionadas à quantidade e qualidade de luz adequadas para obtenção de mudas de qualidade e sucesso no seu estabelecimento em plantios florestais.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo foi avaliar o crescimento inicial de *Apuleia leiocarpa* em níveis espectrais da radiação solar.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre 20/07 a 15/10/2018 (165 dias) na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (11° 51' 50" S e 55° 29' 08" W, 384,0 m). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é o Aw clima tropical de Savana quente e úmido, com dois regimes pluviométricos durante o ano, o seco (maio a setembro) e o chuvoso (outubro a abril), as temperaturas médias mensais variam de 24 a 27 °C e a precipitação média anual é de 1970 mm (SOUZA et al., 2013).

Sementes de *A. leiocarpa* passaram por quebra de dormência em solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 95% por 5 minutos, lavadas em água corrente e semeadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial sob viveiros suspensos, alinhados no sentido Leste-Oeste (3,0 x 1,0 x 1,0 m, comprimento x largura x altura) com coberturas superiores, frontais e laterais de telas poliolefinas agrícolas aluminet, vermelha, azul, verde e preta, com 50% de sombreamento e ao pleno sol (controle) e sistema de irrigação por microaspersão com três regas por dia. As plântulas normais foram transplantadas para tubetes de polietileno pretos de 820 cm³ na formulação (2 solo florestal: 1 substrato comercial).

A análise de crescimento não destrutiva iniciou-se aos 13 dias após transplântio – DAT em intervalos sequenciais de 30 dias, perfazendo 6 avaliações. Aferiu-se altura até a última inserção foliar e diâmetro do coleto com auxílio de régua graduada (cm) e paquímetro digital centesimal (0,01 mm), respectivamente, e contou-se o número de folhas e folíolos.

No pleno sol, monitorou-se as condições micrometeorológicas pela estação meteorológica automática Instrutemp modelo ITWH-1080 da UFMT, com armazenamento dos dados a cada 30 min, e medidas diárias de insolação (heliógrafo Campbell-Stokes) e altura pluviométrica (pluviômetro Ville de Paris). Estimou-se a radiação global pela insolação, com coeficientes linear (a) e angular (b) calibrados regionalmente na escala mensal (MARTIM et al., 2014).

Nos telados, foram instalados sensores termo-higrômetro datalogger Instrutemp modelo HT 4000 ICEL a 1,5 m do solo, com armazenamento dos dados a cada 30 min. Determinou-se a radiação solar nas telas a partir de leituras pontuais com o sensor piranômetro MP-200 (radiação global).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, fatorial duplo 5 x 6 (níveis espectrais de sombreamento x dias após transplântio). Os dados foram submetidos a análise de variância ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios diários de temperatura e umidade relativa ar na condição de pleno sol ao longo do período experimental foram de 26,43 °C e 69,5%, respectivamente, nas telas houve dinâmica semelhante (Figura 1A e B). A precipitação total foi de 727,63 mm, concentrada a partir dos 78 DAT. O início do período chuvoso da região levou ao aumento gradativo da umidade relativa do ar (Figura 1D). Este comportamento corrobora com o observado por Souza et al. (2013).

A radiação global e a insolação total diária oscilaram de 7,08 a 22,51 MJ m⁻² dia⁻¹ e de 0h a 11,2h no pleno sol (Figura 1C e D) com aumento na amplitude destas variáveis no início do período chuvoso, enquanto que

nas telas coloridas houve variação de 2,08 a 10 MJ m⁻² dia⁻¹, indicando uma baixa transmissividade da radiação global destas conforme observado por Borella (2018).

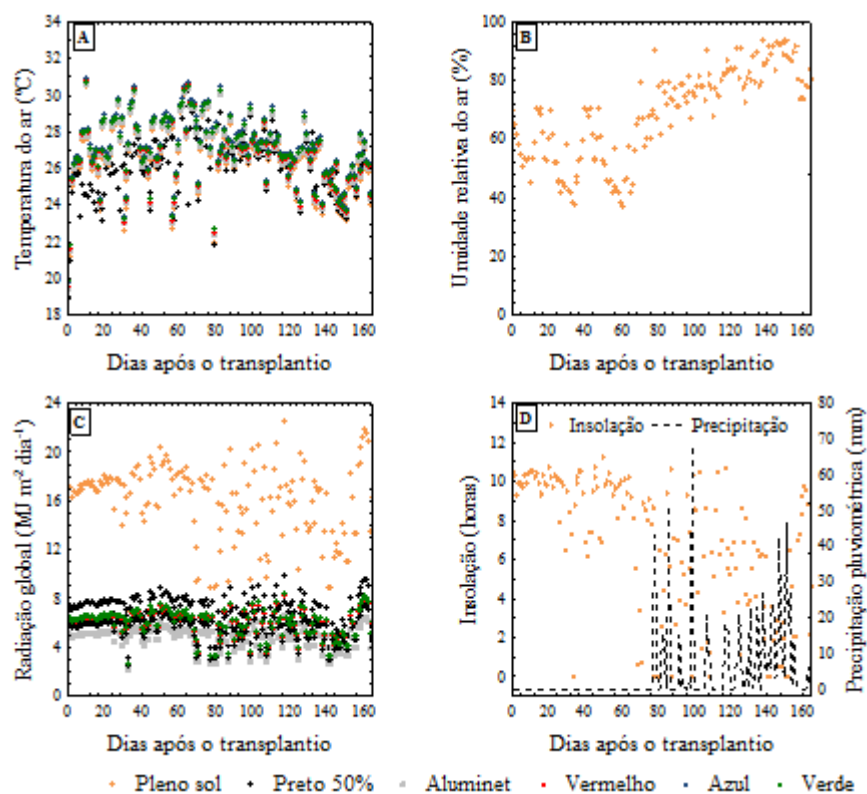


Figura 1: Médias diárias de temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B); valores de radiação global (C); medidas de insolação e precipitação pluviométrica (D), Sinop – MT.

As mudas de *A. leiocarpa* apresentaram valores médios crescentes das variáveis de crescimento ao longo do tempo nos tratamentos. Aos 13 DAT alcançaram altura de 6,51 cm, diâmetro 1,25 mm, número de folhas 3,95 e de folíolos 6,75 semelhantes nos tratamentos, houve aumento significativo no crescimento aos 165 DAT com maior e menor incremento na tela aluminet e ao pleno sol, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios das variáveis de crescimento não destrutiva de *A. leiocarpa* sob níveis espectrais da radiação solar nos dias após o transplantio, em Sinop-MT, 2018.

DAT	Tratamento					
	Pleno Sol	Preta	Aluminet	Vermelha	Azul	Verde
Altura da muda (cm)						
13	5,08 Ca	6,36 Da	6,40 Da	7,57 Da	6,96 Da	6,70 Ea
41	5,60 Cb	8,12 CDab	9,08 Da	9,10 CDa	8,44 CDa	7,68 DEab
81	7,59 BCb	10,44 Ca	13,17 Ca	12,21 Ca	10,62 Ca	10,48 Da
109	9,75 Abc	18,11 Bb	24,05 Ba	20,28 Bb	18,33 Bb	18,12 Cb
131	11,67 Ac	25,11 Aa	27,22 Aa	25,39 Aa	21,88 Ab	21,91 Bb
165	12,72 Ac	27,12 Ab	32,01 Aa	27,00 Ab	24,67 Ab	26,87 Ab
Diâmetro do coleto (mm)						

13	1,17 Da	1,33 Ea	1,29 Ea	1,25 Da	1,23 Da	1,21 Da
41	1,27 Da	1,32 Ea	1,35 Ea	1,34 Da	1,21 Da	1,18 Da
81	1,65 Cabc	1,73 Dabc	1,95 Da	1,87 Cab	1,49 Dc	1,61 Cab
109	1,84 BCbc	2,10 Cab	2,37 Ca	2,05 Cbc	1,91 Cbc	1,78 Cc
131	2,05 Bd	2,84 Ba	2,91 Ba	2,44 Bbc	2,65 Bab	2,21 Bcd
165	2,72 Ac	3,78 Aa	3,99 Aa	3,13 Ab	3,22 Ab	3,19 Ab
Número de folhas						
13	2,96 Cc	3,28 Dbc	4,88 Da	4,20 Dabc	4,44 Cbc	3,92 Dabc
41	4,38 Bb	5,00 Cab	6,28 Ca	5,72 Ca	6,00 Ba	5,16 CDab
81	5,62 ABb	5,92 BCb	7,58 BCa	6,44 BCab	6,50 Bab	6,08 BCb
109	4,95 Bc	7,12 Bb	8,75 Ba	7,36 Bb	7,29 Bb	6,60 Bb
131	6,38 Ac	8,88 Ab	11,17 Aa	9,72 Ab	9,74 Ab	8,44 Ab
165	6,90 Ac	9,44 Aab	10,38 Aa	9,56 Aab	9,96 Aa	8,57 Ab
Número de folíolos						
13	5,16 Ea	6,08 Ea	7,72 Ea	7,44 Da	7,40 Ea	6,72 Ea
41	9,88 Db	11,60 Dab	13,80 Da	12,56 Cab	12,84 Dab	11,48 Dab
81	14,75 BCb	15,44 Dab	19,08 Ca	16,40 Cab	16,25 CDab	15,72 Cab
109	12,27 CDc	20,40 Cb	25,25 Ba	20,80 Bb	20,12 Cb	18,68 BCb
131	16,62 ABd	27,76 Bb	32,67 Aa	26,60 Ab	27,26 Bb	21,48 Bc
165	19,38 Ad	33,08 Aab	34,58 Aa	30,36 Abc	32,13 Aab	26,91 Ac

Médias com mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As tela aluminet e preta permitiram maiores valores de altura 32,01 e 27,12 cm e diâmetro 3,99 e 3,78 mm e as telas azul, preta e sobretudo a aluminet maiores valores de número de folhas 9,96; 9,44 e 10,38 e de folíolos 32,13; 33,08 e 34,58, nesta ordem, para *A. leiocarpa* aos 165 DAT. Mudas de *D. alata* tiveram maior altura e diâmetro ao pleno sol (13,53 cm e 5,33 mm) e na tela verde (13,44 cm e 5,14 mm) e número de folíolos na tela verde (25,85) (BORELLA, 2018). A plasticidade fenotípica e genotípica dessas plantas permitem usar de forma eficiente a quantidade e qualidade de radiação solar incidente sobre elas.

Em ambientes protegidos ocorrem modificações no balanço de radiação, devido à atenuação de incidência da radiação solar (absorção e reflexão), resultando numa redução do balanço de radiação interno e consequentemente, na evapotranspiração (SENTELHAS, 2001), surgimento e expansão foliar, rustificação do caule, crescimento apical, nas taxas fotossintéticas e alocação de biomassa nos órgãos dos vegetais (TAIZ et al, 2017). Nesse sentido, em conjunto com as análises de crescimento que são amplamente empregadas para explicar mudanças do crescimento e desenvolvimento vegetal sob as diferentes condições

microambientais (BENINCASA, 2003), objetivam a produção de mudas vigorosas e potencial de estabelecimento em campo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Níveis espectrais da radiação solar influenciam no crescimento inicial de *Apuleia leiocarpa*, com maior crescimento sob tela preta e aluminet com 50% de sombreamento, alcançando os padrões estabelecidos para transplante em campo aos 165 DAT.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

CAPES (Financing code n. 001), CNPq (Process: GM/GM 140909/2017-6), CNPq (scientific initiation scholarships).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BORELLA, D. R. **Respostas ecofisiológicas de *Dipteryx xalata* Vogel em diferentes níveis de radiação solar**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 368p.

MARTIM, C. C.; SOUZA, A. de P.; PAULINO, J.; ALMEIDA, F. T. de; ARANTES, K. R. Coeficientes de Angstrom-Prescott para a região Norte do Mato Grosso: Primeira Aproximação. In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2014, Campo Grande - MS. **Anais do XLIII CONBEA 2014**. Jaboticabal: SBEA, 2014.

SHAHAK, Y.; LAHAV, T.; SPIEGEL, E.; PHILOSOPH-HADAS, S.; MEIR, S.; ORENSTEIN, H.; GUSSAKOVSKY, E.; RATNER, K.; GILLER, Y.; SHAPCHISKY, S.; ZUR, N.; ROSENBERGER, I.; GAL, Z.; GANELEVIN, R. Grow in garalia and monster under colored shade nets. **Olam Poreah**, v.13, p. 60-62, 2002.

SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. In: Miranda, J.H e Pires, R.C.M. Irrigação. FUNESP, Piracicaba, SP, 2001. p. 63-120.

SOUZA, A. P., MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

TAIZ, L.; ZAIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

EXPRESSÃO DA ROTA CAM EM PLANTAS DE ORA-PRO-NÓBIS SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS E DE SECA

João Paulo Alves de Barros¹; Pedro José Hermínio¹; Vitor Gomes Nunes¹; Sérgio Luíz Ferreira da Silva¹
Autor para correspondência: paulo_biohimet@hotmail.com

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UFRPE/UAST

RESUMO

Plantas de Ora-Pro-Nóbis tem potencial para induzir CAM em baixa intensidade quando estão sujeitas à baixa disponibilidade hídrica. O objetivo desse trabalho foi determinar a existência da fotossíntese CAM em plantas de Ora-Pro-Nóbis sob seca, através de medidas de trocas gasosas diurnas no município de Serra Talhada, Brasil. Três plantas controles (bem irrigadas) e sob déficit hídrico crescidas em casa de vegetação foram transportadas para uma câmara de crescimento de maneira aleatória, posteriormente. Fotossíntese líquida (P_N), transpiração (E), condutância estomática (G_s), concentração intercelular de CO_2 (C_i), temperatura da folha (T_f) e concentração ambiente de CO_2 (C_a) foram determinadas ao longo do período diurno e noturno com auxílio de um sistema de fotossíntese portátil. A P_N , E , G_s foram reduzidas durante o dia em plantas estressadas. Adicionalmente, houve um aumento da temperatura da folha pelo déficit hídrico e uma diminuição do C_i no período noturno. Plantas bem irrigadas apresentaram maior C_a em relação às plantas de seca. Foram observados baixos valores positivos de P_N à noite, o que sugere a expressão de CAM-cycling quando G_s é quase nula. Pode-se concluir que a Ora-Pro-Nóbis poderia expressar CAM em condição de estresse, possivelmente, através da refixação do CO_2 da respiração noturna e conversão em malato.

PALAVRAS-CHAVE: Déficit hídrico; Indução de fotossíntese CAM; *Pereskia aculeata*

CAM PATHWAY EXPRESSION IN ORA-PRO-NÓBIS UNDER CONTROLLED AND DROUGHT CONDITIONS

ABSTRACT

Ora-Pro-Nóbis plants have the ability to perform CAM at a low level when in a water deficit situation. We determined the existence of CAM intensity by diurnal gas-exchange parameters in Ora-Pro-Nóbis species in Serra Talhada, Brazil, under drought. Three control (Well-watered) and water deficit plants growth in the greenhouse were allocated in the growth chamber randomly, after. Net photosynthesis (P_N), transpiration (E), stomatic conductance (G_s), intercellular CO_2 concentration (C_i), leaf temperature (T_f) and ambient CO_2 concentration (C_a) were determined along light and dark period using a portable photosynthesis system. P_N , E , G_s were reduced by drought during the day. Adding to, water deficit increased leaf temperature and decrease C_i in the night. C_a was higher in control plants than stresses plants. We observed low positive P_N in the night, which suggest the expression of CAM-cycling when G_s almost reaches the zero value. We conclude that Ora-Pro-Nóbis could express CAM in water stress conditions, possibly, through of internal recycling of respiratory CO_2 and convert in malate in the night.

KEY-WORDS: CAM Photosynthesis induction; *Pereskia aculeata*; Water deficit

INTRODUÇÃO

O déficit hídrico é um fator determinante para a fisiologia e crescimento da planta (DRAKE et al., 2017). Além disso, diminuição da fotossíntese, condutância estomática, transpiração e a concentração intercelular de CO₂ são consequências da baixa disponibilidade hídrica (SKELTON et al., 2017). Adicionalmente, a diminuição do potencial de turgescência celular, que causa uma redução no diâmetro ostíolo, ocorre em função da seca. No aparato fotossintético, esse tipo de estresse hídrico inibe reações fotoquímicas que ocorrem no fotossistema II relacionadas ao transporte de elétrons. Como consequência desse fator, é possível observar prejuízos na eficiência da maquinaria fotossintética e na fixação de carbono, causando um decréscimo no acúmulo de biomassa e na atividade biológica vegetal. Atualmente, se conhece três tipos de rotas relacionadas à fase bioquímica da fotossíntese: C3, C4 e CAM, onde, plantas C3 habitam ambientes mais estáveis, devido ao processo fotorrespiratório. Todavia, plantas que utilizam a rota C4 se distribuem em ambientes de alta temperatura e luminosidade. A rota CAM é uma característica de vegetações xeromórficas, isto é, plantas que vivem em ecossistemas secos, com alta demanda atmosférica (BLACK; OSMOND, 2003). As rotas da fotossíntese garantem diferentes formas de assimilação de carbono, através das reações bioquímicas envolvendo as enzimas PEPC e RUBISCO. Curiosamente, muitas plantas têm a habilidade de modificar sua rota metabólica de C3-CAM ou C4-CAM, dependendo de fatores genéticos e/ou ambientais, como fotoperíodo, luminosidade, temperatura, déficit hídrico, salinidade, e a interação desses fatores. De maneira inversa, a transição CAM-C3 e CAM-C4 pode ser comprovada através da remoção do estresse aplicado (WINTER; HOLTUM, 2014). Além disso, por meio de padrões de trocas gasosas e acidez foliar, a magnitude de CAM pode ser classificada como alta ou fraca (HOLTUM et al., 2017). Deste modo, variações nas reações envolvidas na expressão da rota CAM podem ajudar na compreensão de mecanismos e estratégias ecofisiológicas vegetais sob condições estressantes e, conseqüentemente, na criação de novas tecnologias para conservação de ecossistemas naturais e maximização/manutenção da acumulação de fitomassa. A hipótese desse trabalho foi que a indução da rota CAM poderia ocorrer na Cactácea *Pereskia aculeata* Mill. (Ora-Pro-Nóbis) crescendo em condições de seca em uma câmara de crescimento in Serra Talhada, PE, Brasil. Assim, foram caracterizados os padrões diurnos de fotossíntese e trocas gasosas em Ora-Pro-Nóbis por um período de 24 horas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Caracterizar a fotossíntese diurna e noturna e padrões de trocas gasosas in plantas de Ora-Pro-Nóbis bem irrigadas e sob seca cultivada em câmara de crescimento em Serra Talhada, Brasil, por meio de dados de fotossíntese líquida (P_N), transpiração (E), condutância estomática (G_s), concentração intercelular de CO₂ (C_i), temperatura foliar (T_f) e concentração ambiente de CO₂ (C_a).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil. Plantas estabelecidas de Ora-Pro-Nóbis foram cortadas e obtidas estacas com seguintes características: altura=15 cm; diâmetro=8 cm±1,2 cm, além de 6 gemas e 3 ramos por planta. Posteriormente, as estacas foram plantadas em vasos com volume de 5 litros contendo vermiculita e areia lavada na proporção 1:1. Assim, duas estacas foram plantadas por vaso. Quando as plantas alcançaram mais do que 27 folhas, estas foram podadas neste ponto. Os vasos foram dispostos inteiramente ao acaso em casa de vegetação, inicialmente. Em 26/02/2019 plantas adultas foram transportadas para uma câmara de crescimento do tipo Fitotron com as seguintes condições: fotoperíodo=12h (12h dia/12h noite) temperatura=25°C dia/20°C noite, umidade relativa do ar=55% dia/65 % noite, concentração de CO₂=390 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e radiação fotossinteticamente ativa=400 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. 3 plantas foram irrigadas até o ponto de saturação (bem irrigado) e outras 3 plantas foram hidratadas com apenas 25% da irrigação utilizada no controle, simulando a seca. Mensurações de trocas gasosas foram realizadas nas plantas que estavam em ambiente controlado às 06:00, 9:00, 12:00, 15:00 (período diurno), 18:00, 21:00, 00:00 e 03:00 (período noturno) horas usando um sistema de fotossíntese portátil do tipo GFS-3000 da Walz (Germany) em folhas totalmente expandidas na região média do ramo. Em seguida, obtiveram-se os seguintes parâmetros: P_N , E , G_s , C_i , T_f e C_a . Para as medidas no IRGA, foram empregadas condições controladas dentro da cuveta: temperatura=25°C, concentração de CO₂ na cuveta=400 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, H₂O de entrada na cuveta=1700 $\mu\text{mol H}_2\text{O mol}^{-1} \text{ ar}$, radiação fotossinteticamente ativa=1500 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e uma taxa de fluxo=750 $\mu\text{mol ar s}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que os valores de P_N ($8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), E ($2 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e G_s ($80 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) decaíram em plantas sob déficit hídrico durante o período luminoso, atingindo $4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, and $30 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Entretanto, C_i permaneceu similar em relação às plantas bem irrigadas. Valores de E e G_s noturnas foram próximos entre os dois tratamentos, chegando a $0 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Observa-se também uma diferença nos valores de C_i à noite, com redução no tratamento de seca ($400 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação ao controle ($500 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (figura 1). A baixa disponibilidade hídrica aumentou a temperatura foliar diária nas plantas estressadas, chegando ao máximo de 27°C . As plantas hidratadas apresentam um maior potencial para reduzir T_f em função da alta taxa de transpiração. Os valores de C_a foram mais altos em plantas sob déficit hídrico em relação às hidratadas durante o dia, enquanto que, no período noturno, é possível ver um comportamento contrário (figura 2). Um efeito do déficit hídrico em plantas é a diminuição da eficiência fotossintética, pois a água é um componente fundamental para ocorrência das reações fotossintéticas. Além disso, o déficit de água diminui a transpiração e causa o fechamento estomático, resultando num acréscimo de temperatura, como visto neste estudo. Adicionalmente, o estresse hídrico atenua a respiração mitocondrial e os valores de C_i . O aumento na P_N noturno diminui a transpiração e G_s , resultando em altos valores de eficiência do uso da água, uma característica de plantas CAM (BORLAND et al., 2014). Além disso, há um decaimento na fotorrespiração. A fixação noturna de CO_2 quando os estômatos estão fechados pode esta relacionada a indução do fisiotipo CAM-cycling (CAM de baixa magnitude) em Ora-Pro-Nóbis. Neste modo, sob condições de estresse abiótico, as plantas reciclam o CO_2 mitocondrial e sintetizam malato no período noturno, enquanto que no período diurno, estas plantas apresentam padrões de trocas gasosas e acidez semelhante à plantas C3. É relatado que CAM é um importante mecanismo para evitar a fotoinibição em condições de estresse. Assim como também, a reciclagem noturna atenua a perda líquida de carbono em plantas operando rota C3 durante à noite (CUSHMAN, 2001; SCARANO et al., 2016). Por exemplo, Scarano et al. (2016) induziram CAM-cycling no modelo vegetal *Clusia arrudae* Planchon & Triana no cerrado Brasileiro por meio de medidas de trocas gasosas, fluorescência da clorofila e acidez.

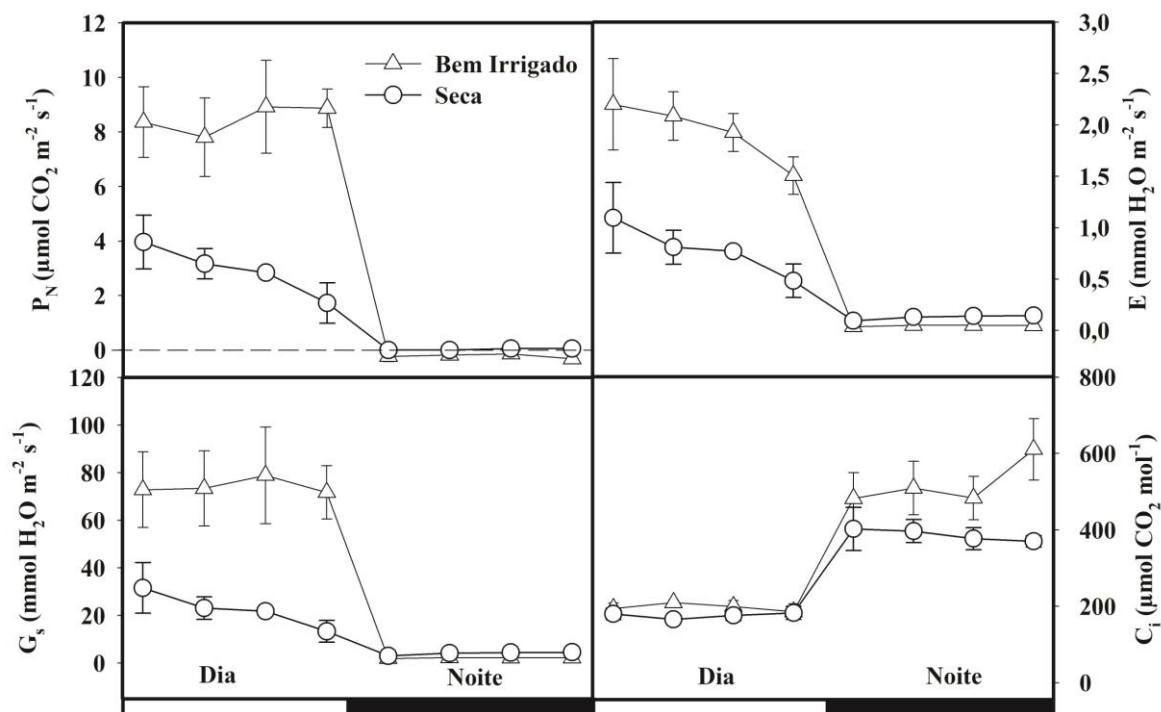


Figura 1: Parâmetros de trocas gasosas em plantas de Ora-Pro-Nóbis bem irrigadas e sob 44 dias de seca cultivadas em condições controladas em Serra Talhada, Brasil. Onde: P_N : fotossíntese líquida, E : transpiração, G_s : condutância estomática, C_i : concentração intercelular de CO_2 , T_f : temperatura foliar e C_a : concentração ambiente de CO_2 .

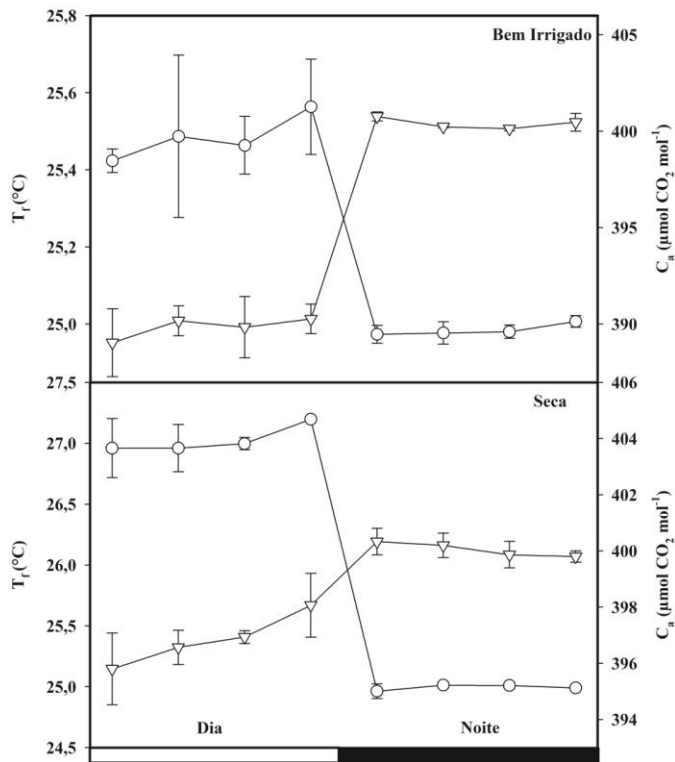


Figura 2: Evolução diária da temperatura foliar (T_f , círculos) concentração ambiente de CO_2 (C_a , triângulos invertidos) em plantas de Ora-Pro-Nóbis bem irrigadas e sob 44 dias de seca cultivadas em condições controladas em Serra Talhada, Brasil.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que, plantas de Ora-Pro-Nóbis tem potencial para expressar a rota CAM em baixa intensidade quando submetidas ao déficit hídrico em câmara de crescimento, por meio de variáveis de trocas gasosas. Entretanto, são necessários mais estudos usando plantas em condições naturais e marcadores mais complexos. Além disso, para a transição ser verdadeira, é necessário verificar o processo reverso, através da remoção do fator de estresse.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

UFRPE/UAST - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. PGPV - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal UFRPE/UAST. CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. FACEPE - Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. GPAS - Grupo de Pesquisa em Produção Vegetal Agrícola no Semiárido.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- BLACK, C. C.; OSMOND, C. B. Crassulacean acid metabolism photosynthesis: 'working the night shift'. **Photosynthesis Research**, v. 76, n. 1-3, p. 329-341, 2003.
- BORLAND, A. M. et al. Engineering crassulacean acid metabolism to improve water-use efficiency. **Trends Plant Science**, v. 19, n. 5, p. 327-338, 2014.
- CUSHMAN, J. C. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. **Plant Physiology**, v. 12, n. 4, p. 1439-1448, 2001.

DRAKE, J. E. et al. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis for four tree species under drought: A comparison of model formulations. **Agricultural and Forestry Meteorology**, v. 247, p. 454-466, 2017.

HOLTUM, J. A. M. et al. Facultative CAM photosynthesis (crassulacean acid metabolism) in four species of *Calandrinia*, ephemeral succulents of arid Australia. **Photosynthesis Research**, v. 134, n. 1, p. 17-25, 2017.

SCARANO, F. R. et al. Features of CAM-cycling expressed in dry season by terrestrial and epiphytic plants of *Clusia arrudae* Planchon & Triana in two rupestrian savannas of southeastern Brazil in comparison to the C3-species *Eremanthus glomerulatus* Less. **Trees**, v. 30, n. 3, p. 913-922, 2016.

SKELTON, R. P. et al. Gas exchange recovery following natural drought is rapid unless limited by loss of leaf hydraulic conductance: evidence from an evergreen woodland. **New Phytologist**, v. 215, n. 4, p. 1399-1412, 2017.

WINTER, K.; HOLTUM, J. A. M. Facultative crassulacean acid metabolism (CAM) plants: powerful tools for unravelling the functional elements of CAM photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 3425-3441, 2014.

PRODUÇÃO DE LEITE EM SOURE – PA, SOB INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS)

Denilson Barreto da Luz¹; Adrielle Carvalho Monteiro¹; Larissa Ranielle da Silva Parente¹; Igor Cristian de Oliveira Vieira¹; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes¹
Autor para correspondência: denilsong97@gmail.com

¹UFRA; ²ISARH/UFRA

RESUMO

O Brasil se destaca na pecuária mundial sendo, atualmente, o 4º maior produtor de leite, com grande potencial na área. Em nível nacional, o Pará possui o maior rebanho dentre os estados da região norte. O país, localizado em uma região tropical, sofre influência direta da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade da produção de leite no município de Soure, localizada na mesorregião do Marajó, no Pará, para verificar a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, visto o período bem demarcado de seca na região. Para isso, foi analisado por meio de estatística descritiva, dados referentes às condições climáticas e produção de leite (mil litros) em uma faixa temporal de 20 anos (1998-2017). A produção média do município foi de 2.721 mil litros, tendo pico de máximo de produção no ano 2000, com o segundo maior volume de chuva acumulado (3758,5 mm), sobre efeitos do La Niña. O período compreendido entre 2000 e 2004 teve queda brusca na produção, intervalo que ocorreu fenômenos do ENOS, e que mostra o impacto do fenômeno associado a outros fatores que envolvem o manejo dos animais. Em 2015, ano de El Niño, houve o período menos chuvoso, com precipitação total anual de 1949,9 mm, e a maior média de temperatura registrado, de 28,42°C.

PALAVRAS-CHAVE: pecuária; Marajó; bioclimatologia

MILK PRODUCTION IN SOURE-PA, UNDER THE INFLUENCE OF THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO)

ABSTRACT

Brazil stands out in the world livestock industry and is currently the 4th largest producer of milk, with great potential in the area. At the national level, the state of Pará has the largest herd among the northern states. The country, located in a tropical region, is directly influenced by the occurrence of the phenomenon El Niño Southern Oscillation (ENSO). The objective of this work was to evaluate the variability of milk production in the municipality of Soure, located in the Marajó mesoregion, in Pará, to verify the influence of the El Niño and La Niña phenomena, considering the well - defined period of drought in the region. For this purpose, data on climatic conditions and milk production (thousand liters) were analyzed through descriptive statistics over a 20-year time span (1998-2017). The average production of the municipality was 2,721 thousand liters, with production peak in 2000, coinciding to the second largest accumulated rainfall (3758.5 mm), under the effects of La Niña. The period between 2000 and 2004 had occurrence of ENOS and a sudden drop in production, showing the impact of the phenomenon associated with other factors that involve the management of the animals. In 2015, El Niño year, there was the least rainy period, with annual total rainfall of 1949.9 mm, and the highest recorded average temperature of 28.42 °C.

KEY-WORDS: livestock; Marajó; bioclimatology

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil está em 4º lugar como maior produtor mundial de leite, com aproximadamente 33.490.810 toneladas, ficando atrás dos Estados Unidos, Índia e China que lideram o ranking. No cenário nacional, o Pará desponta como o detentor do maior rebanho de animais leiteiros da região norte, possuindo um número de vacas ordenhadas de aproximadamente 760.467 mil cabeças e com 612.810 mil litros de leite produzido (IBGE, 2017).

As regiões tropicais e subtropicais concentram imensos rebanhos, porém, apresentam baixo desempenho produtivo e reprodutivo. Isso ocorre devido a priorização da genética e nutrição por parte dos pecuaristas, desprezando o conforto animal, visto que sua produção e sobrevivência depende de sua capacidade de manter sua temperatura corporal dentro dos limites estreitos (homeotermia), dessa forma estando expostos a variação e estresses térmicos provocados pelas mudanças climáticas (AZEVEDO; ALVES, 2009)

O arquipélago do Marajó, que detém o maior quantitativo de bubalinos do Brasil, o município de Soure destaca-se como 2º maior produtor de leite, porém, na região o clima é um fator que influencia bastante a produção agropecuária, devido a presença de uma estação seca bem definida durante o ano, ocorrendo o período menos chuvoso entre os meses de setembro e novembro (IBGE, 2017; LIMA et al., 2005).

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), é um dos eventos que mais refletem e influenciam na produção agrícola e pecuária nacional, com destaque na parte norte da Região Nordeste e o leste da Amazônia tropical e a Região Sul extratropical, sendo este dividido em duas fases: uma quente, o El Niño, e outra fria, a La Niña (CUNHA et al., 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) na produção de leite animal no município de Soure, localizado no arquipélago de Marajó – Pa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Soure está inserido na mesorregião do Marajó, localizado na microrregião do Arari, nas coordenadas 00° 43' 00" S e 48° 31' 24" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima é caracterizado como Am, com temperatura média de 27.4 °C e pluviosidade média anual de 2.793 mm.

Os dados referentes a produção de leite e número de vacas ordenhadas foram retirados do banco de dados virtual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), enquanto os dados históricos referente as condições climáticas, precipitação total e temperatura média, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Foi escolhida uma faixa temporal de 20 anos (1998-2017), sendo analisado dentro desse intervalo os períodos de ocorrência do ENOS, que correspondente ao El Niño e La Niña, por meio dos dados disponibilizados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), avaliando a influência desses eventos na produção média de leite de cada ano. Os valores obtidos foram analisados através de estatística de descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os 20 anos analisados na produção de leite de Soure, comparando com os dados obtidos do NOAA, foram identificados vários episódios de ocorrência do ENOS, tendo anos atípicos, como 1998, onde ocorreu o El Niño e o La Niña. Essas variações extremas das condições climáticas, impactam diretamente na produção leiteira, pois os animais são sensíveis as mudanças do ambiente físico, sendo afetados tanto pelo excesso de calor quanto de frio.

Analisando a série histórica, os períodos que apresentaram maior precipitação anual acumulada (PP) foram os anos de 1999, 2000 e 2009 com precipitações de aproximadamente 3322,7, 3758,5 e 3878,9 mm, sendo os dois primeiros anos supracitados de ocorrência mais intensa do La Niña, durando o ano todo, enquanto 2009 foi antecedido por um episódio de La Niña em 2008. A média de temperatura dos 3 anos de maior PP foi de 27,5°C. Os anos de 2005, 2010 e 2015, tiveram uma média de 28,3°C, sendo os 3 anos com maior temperatura média registrada. Porém, 2005 e 2010 permaneceram neutros, enquanto 2015 foi o ano de maior intensidade do El Niño na faixa temporal em estudo (Figura 1a).

Relacionando os fatores climáticos com a produção de leite do município, a média dos 20 anos analisados foi de 2.721 mil litros. Notou-se que nos anos de maior intensidade dos eventos do ENOS (1998, 1999 e 2000) não houve interferência na produção, havendo um aumento na quantidade produzida de 31,3% de 1998 para 2000. Em contrapartida, a partir de 2000, que foi um ano de La Niña, a produção de leite do município caiu drasticamente, saindo de 6.400 mil litros produzidos para 2.067 mil litros em 2004, queda presente na produção a nível estadual também. Nesse mesmo período, houve 2 anos de ocorrência do La Niña, 2002 e 2004, sendo que a partir de 2005 a produção voltou a crescer novamente, porém, caiu em 2007, no qual foi um ano neutro, logo podemos relacionar essa queda a outros variáveis do ciclo de produção (Figura 1b). Portanto, além dos fatores climáticos, o manejo nutricional e sanitário, tipo de sistema de criação entre outras variáveis que envolvam o ambiente que o animal está inserido, têm influência direta nos aumentos ou decréscimos de qualquer tipo de produção agropecuária.

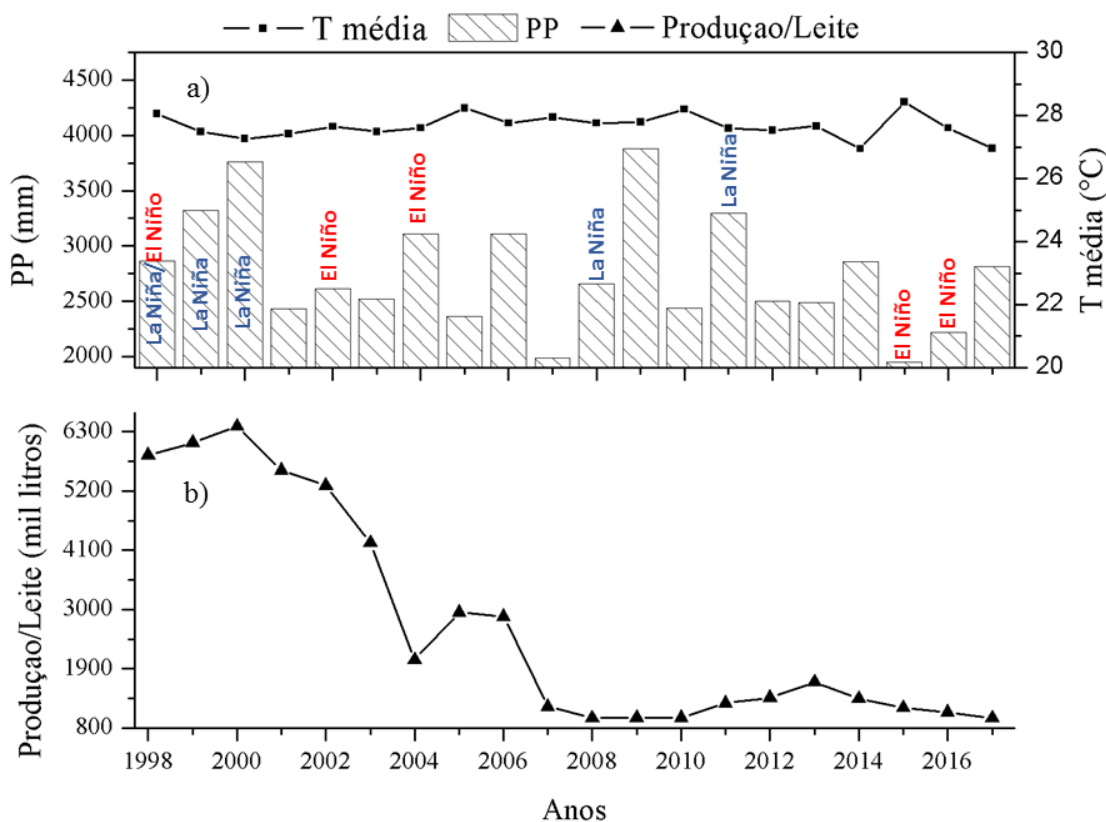


Figura 1. Variabilidade das condições climáticas e produção de leite. Em (a) dados climáticos referentes ao município de Soure no intervalo entre 1998 e 2017, em (b) dados da produção total de leite (mil litros) do município no mesmo período. Acima dos anos, identificação quanto a ocorrência do ENOS (El Niño e La Niña), anos sem identificação não houve eventos climáticos extremos.

No ano de 2015, de maior intensidade do La Niña, houve o menor índice de precipitação (1949,9 mm) e a maior temperatura média (28,42°C), e foi sucedido em 2016 por outro ano com a ocorrência do mesmo fenômeno. Tais eventos impactaram diretamente no regime de chuvas da região, causando estação seca mais intensa, havendo no período a queda de 1.178 mil litros em 2015 para 986 mil litros em 2017 (Figura 1a). Essa condição segundo Pires et al. (1998), citado por Azevêdo e Alves (2009), faz com que as vacas em lactação inibam todas suas fontes de calor endógeno, principalmente, o consumo de alimentos, em

contrapartida, aumentado sua taxa de respiração, sudação e temperatura corporal aumentem, havendo maior gasto energético para manter o equilíbrio térmico.

Portanto, é imprescindível manter o manejo adequado dos animais, principalmente no período de seca da região, em relação ao conforto térmico, visto que o Brasil está inserido em uma região de clima tropical, suscetível a variações climáticas do ENOS, e se tratando de climatologia, é um dos principais fatores que afetam a produtividade significativamente (SOUZA et al., 2010).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- A variabilidade da produção leiteira é influenciada pela ocorrência de ENOS, associados a outros fatores, como manejo do rebanho;
- Há aumento expressivo na produção de leite nos anos de 1998 a 2000, mesmo com eventos do ENOS ocorrendo neste intervalo de tempo. Porém, a partir de 2000, houve uma queda brusca na produção até 2004, possivelmente causada pela combinação não só de fatores climáticos, mas como o de manejo da produção, visto que a queda foi acentuada a nível estadual no mesmo período;
- Em 2015 houve o El Niño mais intenso, mantendo-se o fenômeno em 2016, ocasionando a menor precipitação e a maior temperatura média dos 20 anos analisados, impactando a produção de leite.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AZEVEDO, Danielle Maria Machado Ribeiro; ALVES, Arnaud Azevêdo. Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78361/1/documento-188.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

BRASIL. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017>>. Acesso em: 02 Jun. 2019.

CUNHA, Gilberto Rocca. O fenômeno El Niño-Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do sul do Brasil. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2017.10 p. D

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/> >. Acesso em: 01 jun. 2019.

LIMA, Maria Meguins de; Aline & Oliveira, Leidiane & Luso Fontinhas, Reginaldo & Jorge da Silva Lima, Ronaldo. (2007). Ilha do marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. Holos Environment. 5. 10.14295/holos.v5i1.331.

NOAA. Nationat Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <https://www.noaa.gov/> >. Acesso em: 01 jun. 2019.

SOUZA, R.; SANTOS, G. T.; VALLOTO, A. A.; et al. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa em função da estação do ano e ordem de parto. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**. v.11, n.2, p.484-495, 2010b. Disponível em:< <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1494/984>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. de. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v. 4, n. 8, p. 273-283, jan./jun. 2009.

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES NUAS E INCRUSTADAS DE *BRACHIARIA BRIZANTHA*

Genilza Almeida da Graça¹; Michelle Conceição Vasconcelos¹; Marisa Silva Vieira¹; Saulo de Jesus Dantas¹; Allana mellyse Barbosa Rodrigues¹

Autor para correspondência: almeidagenilza@hotmail.com

¹Universidade federal de Sergipe

RESUMO

A formação de um pasto com bom desempenho só é obtido com a utilização de sementes de alta qualidade, com isso faz-se necessário estudos em busca de novas tecnologias. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de sementes nuas e incrustadas de *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 sob condições laboratoriais. Os experimentos foram conduzidos utilizando-se sementes nuas e incrustadas distribuídas em papel mata-borrão umedecido com água destilada, 2,5 vezes o seu peso seco dos papéis, com oito repetições de 25 sementes cada. As sementes foram acondicionadas em incubadora do tipo B.O.D a 25 °C e com fotoperíodo de 12 h. A primeira contagem foi realizada ao sétimo dia após a semeadura e a última contagem ao vigésimo primeiro dia. Foram avaliados a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). Além da germinação, foi realizado a determinação do teor de água, peso de mil sementes, condutividade elétrica e comprimento de plântula. As sementes nuas continham 9,7% de teor de água, peso de mil sementes de 10,56 g, IVG de 7,9 e 40% de germinação. As sementes incrustadas tinham teor de água de 3,7%, peso de mil sementes de 36,2 g, IVG de 8,0 e 45% de germinação. Apesar da baixa porcentagem de germinação das sementes nuas e incrustadas, é possível afirmar que o tratamento de sementes para a *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 é importante, pois diminui a incidência de fungos e melhora o desempenho do desenvolvimento das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Revestidas; Poaceae; Qualidade

GERMINATION AND VIGOR OF NOSE AND STARCH SEEDS *BRACHIARIA BRIZANTHA*

ABSTRACT

The formation of a pasture with good performance is only obtained with the use of seeds of high quality, with that it is necessary studies in search of new technology. Faced with this, the aim of this research was to evaluate the performance of bare and encrusted seeds of *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 under laboratory conditions. The experiments were conducted using bare and encrusted seeds distributed on blotter paper moistened with distilled water, 2,5 times their dry weight of the papers, with eight replicates of 25 seeds each. The seeds were conditioned in a type incubator B.O.D at 25°C and with photoperiod of 12 h. The first count was performed seven days after sowing and the last count on the twenty-first day. The percentage of germination and germination speed Index (IVG) were evaluated. In addition to the germination, the determination of the water content, thousand seed weight, electrical conductivity and seedling length. The bare seeds were 9,7% water content, weight of on thousand seeds of 10, 56 g, IVG of 7,9 and 40% of germination. The inlaid seeds had water content of 3,7%, weight of one thousand seeds of 36,2 g, IVG of 8,0 and 45% of germination. Despite the low percentage of germination of bare and encrusted seeds, it is possible to affirm that the seeds tratament for *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 is important, since it reduces the incidence of fungi and improves the performance of seedling development.

KEY-WORDS: Coated; Poaceae; Quality

INTRODUÇÃO

O Brasil conhecido mundialmente como celeiro agrícola pelos ótimos índices de produtividade alcançados na produção de commodities, como a soja e o milho, tem ganhado destaque também na produção e exportação de carne bovina. Atualmente, o Brasil possui o segundo maior rebanho do mundo com aproximadamente 227 milhões de animais perdendo apenas para a Índia, onde o rebanho ultrapassa os 300 milhões. E sendo o segundo maior exportador de carne bovina do mundo, tendo como mercado principal a China, segundo a USDA (FARMNEWS, 2019).

Os ótimos índices alcançados pelo Brasil na produção de carne dão-se pelo ótimo desempenho agrícola citado anteriormente, mas o elemento principal para esses resultados é a qualidade da pastagem, pois essa compõe 60% da alimentação de animais ruminantes. Pastagens de boa qualidade implicam em melhor desempenho e produtividade animal.

Em 2011, possuíamos a quarta maior área de pastagem em todo mundo (ANUALPEC, 2011). Com isso, em 2012 o país possuía uma área de aproximadamente 60 milhões de hectares de pastagens naturais e 120 milhões de pastagens cultivadas, das quais 8 milhões são renovadas anualmente. Esta área total com pastagens é mais de três vezes a utilizada para a produção de grãos, que supera 50 milhões de hectares (SOUZA, 2012). Dentre as espécies mais difundidas estão a *Brachiaria decumbens* e a *B. brizantha* (GERDS, et al., 2000).

Gramíneas do gênero *Brachiaria* constituem, no Brasil, as principais espécies forrageiras cultivadas e utilizadas para formação de pastagens. No entanto, 60% do total das áreas de pastagens brasileiras, apresentam algum estágio de degradação (ANUALPEC, 2011). Vários são os fatores que contribuem para essa degradação, desde a implantação e estabelecimento das pastagens por meio de sementes de má qualidade até a sua utilização (MACEDO, 1995).

A má formação de pastagens implica em baixa produtividade e inviabilidade econômica. Um dos fatores que mais contribui para o estabelecimento de pastagens é a escolha de sementes de qualidade, que refletirá na uniformidade da pastagem e cobertura mais rápida do solo, havendo, conseqüentemente, uma diminuição da erosão, menor infestação de plântulas daninhas e resultando na utilização da pastagem em menor espaço de tempo (KICHEL, et al., 1999). Além de transportar todo potencial genético da espécie, e todas as considerações justificam a importância do estudo e avaliação das sementes (GUIMARÃES, et al., 2006).

Além da qualidade genética devem-se observar outros atributos para considerar uma semente de qualidade. Desta forma, para a avaliação da qualidade de um lote de sementes deve-se observar também a qualidade física, fisiológica e sanitária, pois são esses atributos que determinaram seu valor para semeadura. A tecnologia de sementes, como segmento do processo de produção, tem procurado aprimorar os testes usados para avaliar o potencial fisiológico das mesmas, objetivando resultados que expressem o potencial de desempenho do lote de sementes sob diferentes condições de campo (DULTRA e VIEIRA, 2004).

A qualidade fisiológica da semente é avaliada rotineiramente pelo teste de germinação que, conduzido sob condições ótimas de ambiente, fornece o potencial máximo de germinação, estabelecendo o limite para o desempenho do lote após a sua semeadura (BRASIL, 2009). Em adição aos testes de germinação vem sendo utilizados atualmente testes de vigor, pois é por meio desses testes que se buscam obter respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação, possibilitando a obtenção de informações consistentes, considerando que o vigor é reflexo de um conjunto de características que determinam seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas a diferentes condições de ambiente (OHLSON, et al., 2010).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar o desempenho de sementes nuas e incrustadas de *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 sob condições laboratoriais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes nuas apresentaram um teor de água de 9,7% implicando numa maior quantidade de água quando comparada às sementes incrustadas que apresentaram 3,7%. Isso ocorre devido ao tratamento de revestimento que implica em condições mais baixa de teor de água para que não ocorra à deterioração da semente, devido à impermeabilidade da cobertura que reveste as sementes incrustadas impossibilitando as trocas gasosas com o meio.

O peso de mil sementes apresentou diferença significativa, em que as sementes nuas possuem peso de mil sementes de 10,56 g, e as sementes incrustadas apresentaram 36, 20 g, essa diferença é normal pois nas sementes com tratamento também está incluso o peso do revestimento. Em contrapartida, às incrustadas apresentaram um elevado coeficiente de variação 9,53% quando comparadas às sementes nuas 1,4%, isso porque sementes menores podem receber mais revestimento e com isso aumentar o peso. Por meio das informações obtidas a partir desse teste, é possível calcular a densidade de semeadura durante o plantio, pode-se também estimar a quantidade de sementes contidas nas embalagens e seu tamanho, o estado de maturidade e sanidade das sementes.

O teste de condutividade elétrica foi realizado somente com sementes nuas e obteve-se uma condutividade média de $39,69 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, valores dentro dos encontrados por Santos (2017) que avaliou a condutividade elétrica de sementes de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Com este resultado, pode-se afirmar que a membrana celular encontra-se íntegra e que as sementes não estão em estágio avançado de deterioração.

Com o IVG não foi possível observar diferenças significativas, pois para sementes nuas verificou-se um IVG de 7,9 e as incrustadas de 7,0. O mesmo ocorreu para a primeira contagem, em que as sementes incrustadas apresentaram uma maior porcentagem, 62%, e as sementes nuas 32%. A porcentagem de germinação das sementes nuas foi de 40% e das sementes incrustadas 45%. Valores esses bem abaixo do exigido pelo ministério da agricultura, em que são exigidos 60% de germinação (BRASIL, 2008). Os baixos valores de germinação para ambas as sementes podem ser explicados pela presença de dormência, que para a brachiaria é relatada as dormências fisiológica, morfológica e física, que podem ocorrer de forma isoladas ou combinadas. Dificultando a determinação da sua qualidade fisiológica por meio de métodos de germinação, bem como a emergência das plântulas no campo e o estabelecimento de pastagens (COSTA et al., 2011).

Foi aferido o comprimento das plântulas e as sementes nuas apresentaram um baixo desempenho, média de 3,5 cm quando comparadas com as sementes incrustadas, média de 4,6 cm, que originaram plântulas mais vigorosas. O comprimento de plântulas tem como objetivo determinar o vigor relativo do lote de sementes, por meio de avaliação do comprimento médio de plântulas ou de suas partes. Esse teste parte do princípio de que sementes de qualidade originam plântulas mais vigorosas e com maior taxa de crescimento por apresentarem boas taxas de reserva para suprir as necessidades da plântula, refletindo assim no desempenho das plântulas em campo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Apesar da baixa porcentagem de germinação das sementes nuas e incrustadas, é possível afirmar que o tratamento de sementes para *Brachiaria brizantha* cv. Mixe drwn 12 é importante, pois diminui a incidência de fungos e melhora o desempenho do desenvolvimento de plântulas.

BAIXA FIXAÇÃO NOTURNA E ATVIDADE ESTOMÁTICA EM PLANTAS DE ORA-PRO-NÓBIS EM SITUAÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO

João Paulo Alves de Barros¹; Pedro José Hermínio¹; Vitor Gomes Nunes¹; Sérgio Luíz Ferreira da Silva¹
Autor para correspondência: paulo_biohimet@hotmail.com

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UFRPE/UAST

RESUMO

Ora-Pro-Nóbis poderia fixar carbono interno quando submetida ao estresse hídrico. O Objetivo desse trabalho foi caracterizar a fotossíntese noturna em plantas de Ora-Pro-Nóbis em função do déficit hídrico em condições controladas em Serra Talhada, PE a partir de dados de fotossíntese líquida, condutância estomática e composição do isótopo do carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$). O experimento foi arranjado em delineamento casualizado com 3 repetições e 2 tratamentos, plantas bem irrigadas e déficit hídrico. Foram realizadas trocas gasosas e posteriormente, calculado a composição do isótopo do carbono 13 de forma indireta. Os dados mostram uma pequena fixação noturna pelas plantas assim como uma baixa condutância ao longo do dia, enquanto ($\delta^{13}\text{C}$) foi mais negativo à noite, porém em menor escala em plantas de seca. A partir desses dados, verifica-se que com aplicação do estresse a espécie estudada pode realizar fotossíntese CAM com expressão de baixa intensidade CAM-cycling.

PALAVRAS-CHAVE: Metabolismo CAM; Pereskia aculeata; Seca

WEAK DARK FIXATION AND STOMATAL CONDUCTANCE IN ORA-PRO-NÓBIS PLANTS IN WATER DEFICIT SITUATION

ABSTRACT

Ora-Pro-Nóbis could fix internal carbon when submitted to water stress. The aim of this work was to characterize nocturnal photosynthesis in Ora-Pro-Nóbis plants as a function of the water deficit under controlled conditions in Serra Talhada, PE, from data of liquid photosynthesis, stomatal conductance and isotope composition of carbon 13 ($\delta^{13}\text{C}$). The experiment was arranged in a randomized design with 3 replicates and 2 treatments, well irrigated and water deficit plants. Gas-exchanges measures were carried out and the isotope composition of carbon 13 was calculated indirectly. The data show a small nocturnal fixation by plants as well as low conductance throughout the day, while ($\delta^{13}\text{C}$) was more negative at night, but to a lesser extent in water deficit plants. From these data, it is verified that with stress application, the studied species can perform CAM photosynthesis with the expression of low-intensity CAM-cycling.

KEY-WORDS: CAM metabolism; Drought; Pereskia aculeata

INTRODUÇÃO

Muitas espécies vegetais possuem a capacidade de realizar fixação de carbono no período noturno. Nesse caso, a fonte de CO_2 fixado pode ser da atmosfera ou intrínseco a própria planta. Plantas CAM obrigatórias conseguem obter carbono noturno atmosférico via abertura estomática. Uma variação no metabolismo CAM permitiu que em algumas espécies, seja possível a fixação do CO_2 advindo da respiração celular vegetal. Fatores ambientais podem resultar com que algumas espécies mudem o fisiotipo fotossintético e retornem a

rota inicial em condições ótimas. Nesse caso, em situação de estresse abiótico, plantas CAM-cycling possuem padrões de trocas gasosas C3 durante o dia, enquanto que no período noturno fecham os estômatos e usam carbono respiratório para sintetizar malato, apresentando baixa variação diurna de acidez. Por outro lado, Plantas CAM-idling possuem valores de condutância estomática quase nulos durante as 24 horas do dia quando submetidas à estresses de altas intensidades. Nesse tipo de CAM, ocorre exclusivamente a fixação do CO₂ respiratório (CUSHMAN, 2001). As cactáceas são frequentemente classificadas como CAM obrigatórias, no entanto, essas duas variantes foram verificadas na espécie com folhas expandidas *Pereskia aculeata* Mill. (Ora-Pro-Nóbis) sob déficit hídrico (RYDER; TINGER, 1981). A fixação noturna (F_N) pode ser mensurada a partir do somatório dos valores fotossíntese líquida durante a noite e pode ser um bom indicador de indução de metabolismo CAM em certas plantas (HERRERA; BALLESTRINI; MONTES, 2015). Paralelamente, a composição do isótopo do carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) é outro marcador amplamente utilizado na detecção de CAM pelo nível de discriminação das enzimas RUBISCO e PEPC por esse isótopo estável do carbono, através de medidas diretas ou indiretas (HERRERA; BALLESTRINI; MONTES, 2015). Valores muito negativos indicam proeminência da rota C3, enquanto que valores positivos ou mais próximos de -20‰ indicam atividade CAM. O estudo de plasticidade em plantas CAM pode ser um ótimo subsídio para o entendimento de eco e agroecossistemas como também em estratégias em maximização da produção agrícola em regiões de climas limitantes.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi verificar o nível de atividade CAM noturna em plantas de *Pereskia aculeata* Mill cultivadas em condições controladas a partir de mensurações de trocas gasosas e estimativa da composição do isótopo do carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) no município de Serra Talhada, PE durante 46 dias de aplicação de déficit hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi montado na região de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. As plantas primeiramente foram cultivadas em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE/UAST, Programa de Pós-graduação em produção vegetação PGPV–UFRPE/UAST. Inicialmente, foram preparados substrato contendo areia e vermiculita na proporção 1:1 e foram obtidas estacas de Ora-Pro-Nóbis uniformes. Em 21/12/2018 foi realizado o plantio dessas estacas, e ao longo do crescimento, plantas eram regularmente podadas. No dia 26/02/2018, as plantas foram transportadas para uma câmara de crescimento do tipo Fitotron com as seguintes condições: fotoperíodo=12h (12h dia/12h noite) temperatura=25°C dia/20°C noite, umidade relativa do ar=55% dia/65% noite, concentração de CO₂ dentro da câmara=390 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ radiação fotossinteticamente ativa=400 $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. O experimento foi instalado de forma inteiramente casualizada, com 3 repetições e 2 tratamentos (plantas bem irrigadas e sob seca). Para simular a seca, as plantas eram irrigadas em um nível hídrico 75% a menos em relação às plantas controles, as quais eram irrigadas próximas ao ponto de saturação. Adicionalmente, foram realizadas análises de trocas gasosas noturnas (22:00) nas plantas irrigadas e plantas sob 46 dias de seca por meio de um sistema de fotossíntese portátil GFS-3000 da Walz (Germany). Assim, foram mensuradas as seguintes variáveis: assimilação líquida de CO₂ (P_N, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração intercelular de CO₂ (C_i) e concentração ambiente de CO₂ na cuveta (C_a). As condições utilizadas no IRGA foram: temperatura=25°C, concentração de CO₂ de entrada na cuveta =400 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, umidade de entrada=1700 $\mu\text{mol H}_2\text{O mol}^{-1} \text{ ar}$, radiação fotossinteticamente ativa=1500 $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e uma taxa de fluxo de 750 $\mu\text{mol ar s}^{-1}$. A F_N foi obtida através da soma de P_N no início do efeito do tratamento de déficit hídrico. Adicionalmente, foram estimadas a composição do isótopo do carbono 13 conforme Flanagan e Farquhar (2014), pela seguinte equação: $\delta^{13}\text{C} = -12,44 - 26,2 * C_i / C_a$. Quando necessário, as médias foram submetidas ao teste F a nível 5% para verificar efeito de tratamento com auxílio do software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podemos observar que as plantas sobre efeito da seca apresentam baixa fixação noturna tota de CO₂ (0,175 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Em contrapartida, verifica-se um valor negativo para as plantas bem irrigadas (-0,35

$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 1). Valores negativos de F_N significam baixa atividade estomática, além de um predomínio da respiração no escuro, prejudicando o ganho líquido de carbono, característico de plantas C3. Após 10 dias de aplicação do tratamento, nota-se um decaimento significativo da G_s durante o dia, assim como no período noturno. Esses dados poderiam sugerir atividade CAM-cycling em ora-pro-nóbis em baixa disponibilidade hídrica. Para a composição do isótopo do carbono 13, percebe-se que durante o dia não houve efeito do estresse nessa variável, com valor em torno de -25‰, todavia, no período noturno verifica-se um grande decaimento de grande intensidade, estando entre -50‰ e -40‰, com valores menos negativos nas plantas estressadas (Figura 2). Deste modo, valores menos negativos podem indicar uma pequena atividade de CAM nessa espécie. A fixação noturna é um mecanismo comum em plantas que tem principal função de manter o balanço de fixação de carbono (CUSHMAN, 2001). Paralelamente, sob estresse hídrico com a diminuição da atividade estomática noturna consequentemente haverá uma maior eficiência do uso da água pela planta (BORLAND et al., 2014). Exemplificando, Herrera, Ballestrini e Montes (2015) verificaram a composição $\delta^{13}\text{C}$ típica de CAM, ocorrência de fixação noturna e reciclagem de CO_2 interno em plantas de *Talinum triangulare* (Jacq.) Will. em função da diminuição da umidade do solo.

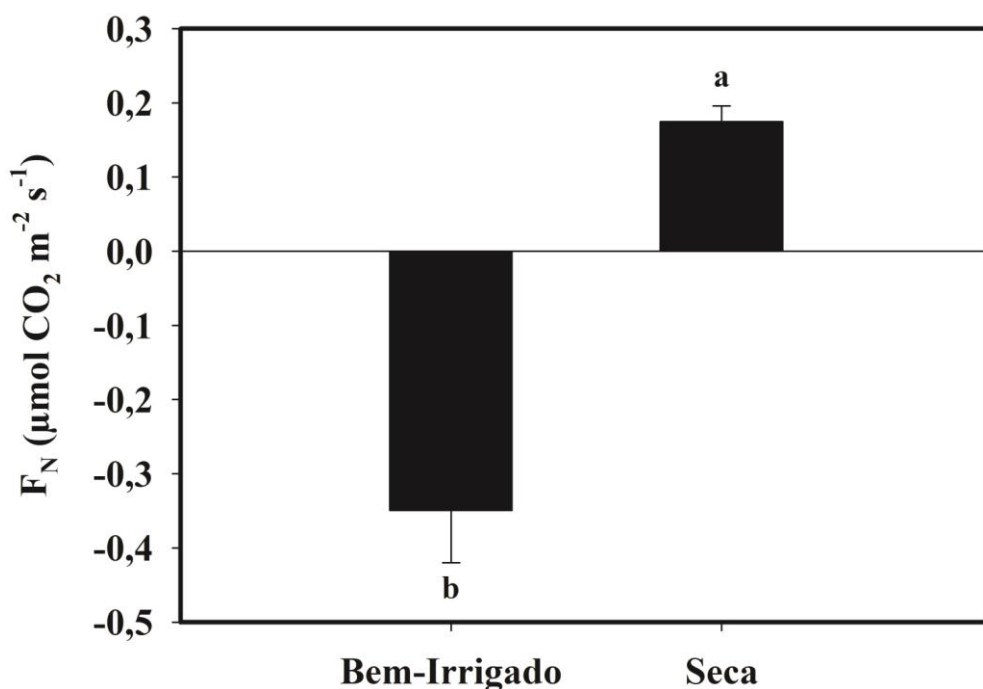


Figura 1: Fixação noturna em plantas de Ora-Pro-Nóbis bem irrigadas e sob seca durante 46 dias no município de Serra Talhada, PE.

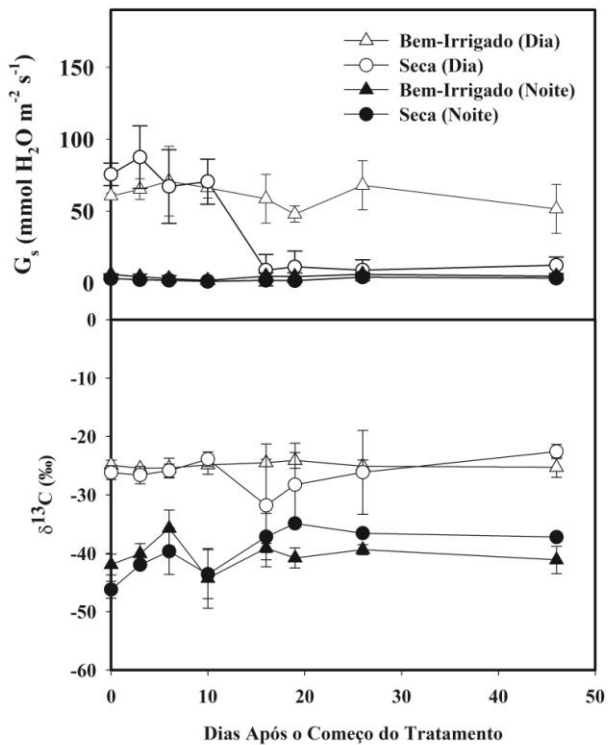


Figura 2: Evolução da composição do isótopo do carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) e condutância estomática (G_s) ao longo do tempo em plantas de Ora-Pro-Nóbis no município de Serra Talhada, PE.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que plantas de Ora-Pro-Nóbis performam fixação de carbono noturna em baixo nível em baixa atividade estomática. Provavelmente, a fonte de carbono para essa rota poderia ser da respiração celular. Porém, são necessários mais estudos usando métodos fisiológicos mais complexos e condições de campo para mapear de forma mais clara a transição.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

UFRPE/UAST - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. PGPV - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal UFRPE/UAST. CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. FACEPE - Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. GPAS - Grupo de Pesquisa em Produção Vegetal Agrícola no Semiárido.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- BORLAND, A. M. et al. Engineering crassulacean acid metabolism to improve water-use efficiency. **Trends Plant Science**, v. 19, n. 5, p. 327-338, 2014.
- CUSHMAN, J. C. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. **Plant Physiology**, v. 12, n. 4, p. 1439-1448, 2001.
- FLANAGAN L. B.; FARQUHAR G. D. Variation in the carbon and oxygen isotope composition of plant biomass and its relationship to water-use efficiency at the leaf-and ecosystem-scales in a northern Great Plains grassland. **Plant and Cell Environment**, v. 37, p.425-38, 2014.

HERRERA, A.; BALLESTRINI, C.; MONTES, E. What is the potential for dark CO₂ fixation in the facultative crassulacean acid metabolism species *Talinum triangulare*?. **Journal of Plant Physiology**, v. 174, p. 55-61, 2015.

RAYDER, L.; TING, I. P. Carbon metabolism in two species of *Pereskia* (Cactaceae). **Plant Physiology**, v. 68, n.1, p.139-142, 1981.

COMPORTAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO DURANTE O VERÃO, NA CIDADE DE CERRO LARGO, RS

Pedro Henrique Welter¹; Anderson Spohr Nedel²; Sidinei Zwick Radons²
Autor para correspondência: pedrowelter@hotmail.com

¹Discente de graduação em Agronomia, da Universidade Federal Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul;

²Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul

RESUMO

O objetivo desse estudo foi analisar o comportamento do conforto térmico humano ao longo do verão, no campus da Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS) cidade de Cerro Largo/RS. Foram utilizados dados diários, em intervalos de 10 minutos, do índice de conforto Heat Index (HI) para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, entre os anos 2014 a 2019, registrados pela estação meteorológica automática da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Para caracterizar as sensações térmicas e o grau de estresse térmico sentido diariamente, foram utilizadas diferentes faixas de conforto térmico humano. Os resultados mostraram que durante os últimos (cinco) verões, de maneira geral, há predomínio da sensação de conforto térmico e que as estações de 2014 e 2018 foram as mais estressantes e desconfortáveis em relação ao calor (HI >34°C; "muito quente").

PALAVRAS-CHAVE: Conforto térmico; Stress térmico; Heat index

BEHAVIOR OF THE HUMAN THERMAL COMFORT IN SUMMER IN THE CERRO LARGO CITY

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the behavior of human thermal comfort throughout the summer, in the Federal University of Southern Border (UFFS), city of Cerro Largo, RS, among years 2014/2019. Data from biometeorological index (Heat Index) were obtained by Davis Vantage Pro2 automatic meteorological station, from university and used at 10 minute intervals in December, January and February months. To characterize student's thermal sensations and thermal stress degree felt daily, different human thermal comfort thresholds were used. The results showed that during the last five summers seasons, in general, there is predominance of comfort feeling and the summer seasons 2014 and 2018 were the most stressful and uncomfortable by hot (HI> 34°C, "very hot").

KEY-WORDS: Thermal comfort; Thermal stress; Heat index

INTRODUÇÃO

O conforto Térmico Humano (CTH) pode ser entendido como uma condição que expressa satisfação com o ambiente em que o ser humano se encontra (ASHRAE, 1992), e para alcançar tal satisfação deve-se estar em neutralidade térmica com o ambiente, isto é, não haver, nem perda nem ganho de calor corporal. Tal sensação é subjetiva e varia de pessoa para pessoa. Segundo Roriz (1996) a conceituação da comodidade térmica humana envolve aspectos psicológicos e fisiológicos. Segundo o aspecto fisiológico, há conforto para o ser humano quando as condições (térmicas) do ambiente favorecem a manutenção da temperatura

corporal (interna), sem que sejam ativados os mecanismos de termorregulação do organismo. O aspecto psicológico é mais complexo, pois envolve as sensações de frio e de calor de cada pessoa. Ambos aspectos são influenciados por dois grupos de fatores: ambientais e individuais. Compreendem os fatores do ambiente a temperatura e a umidade do ar, a radiação solar e a velocidade do vento. Os fatores individuais que influenciam o CTH são o metabolismo e o tipo de vestimenta).

Existem dezenas de índices biometeorológicos na literatura, que tentam descrever, através de equações matemáticas, como o ambiente atmosférico age sobre o corpo humano (MONTEIRO e ALUCCI, 2005). Esses índices podem ser classificados como simplificados, quando consideram somente variáveis do ambiente (meteorológicas), ou como modelos de balanço de calor, quando também levam em consideração as variáveis pessoais (metabolismo e vestimenta).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho objetiva analisar o comportamento do conforto térmico humano no campus da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), em Cerro Largo, durante os últimos cinco verões (2014 a 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Campus da UFFS Cerro Largo, RS. Cerro Largo, situado na região noroeste do estado do Rio grande do Sul (RS) e caracteriza-se climaticamente por apresentar invernos e verões bastante rigorosos (como todo Estado), cujas temperaturas, no verão, frequentemente, apresentam valores acima dos 35°C, o que impacta diretamente à saúde da população. Foram utilizados dados diários, em intervalos de 10 minutos, dos meses de verão, entre os anos 2014 a 2019, do índice de conforto Heat Index (HI), registrado pela estação meteorológica automática da UFFS.

Considerou-se como o período de verão os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e para caracterizar as sensações térmicas e/ou o grau de estresse térmico sentido diariamente pelos estudantes e professores foram utilizadas diferentes faixas de conforto/desconforto, desenvolvidas por Maia e Gonçalves (2002), para a cidade de São Paulo: Muito frio, $T_{ev} < 13^{\circ}\text{C}$; Frio, $T_{ev} 13^{\circ}\text{C}-16^{\circ}\text{C}$; Frio Moderado, $T_{ev} 16^{\circ}\text{C}-19^{\circ}\text{C}$; Ligeiramente Frio, $T_{ev} 19^{\circ}\text{C}-22^{\circ}\text{C}$; Confortável, $T_{ev} 22^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$; Ligeiramente Quente, $T_{ev} 25^{\circ}\text{C}-28^{\circ}\text{C}$; Quente Moderado, $T_{ev} 28^{\circ}\text{C}-31^{\circ}\text{C}$; Quente, $T_{ev} 31^{\circ}\text{C}-34^{\circ}\text{C}$; Muito Quente, $T_{ev} > 34^{\circ}\text{C}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a distribuição das sensações sentidas ao longo dos últimos cinco verões (2014 a 2018). É possível notar que, de maneira geral, há predomínio da sensação de conforto ou condição de neutralidade térmica para as pessoas, em aproximadamente 30% do período estudado. A segunda maior sensação observada foi a condição de “ligeiro calor” (21% das observações), seguido por períodos de desconforto por muito calor (sensação de “muito quente”) em 15% dos casos.

Distribuição do Conforto Térmico - Verão 2014 a 2018

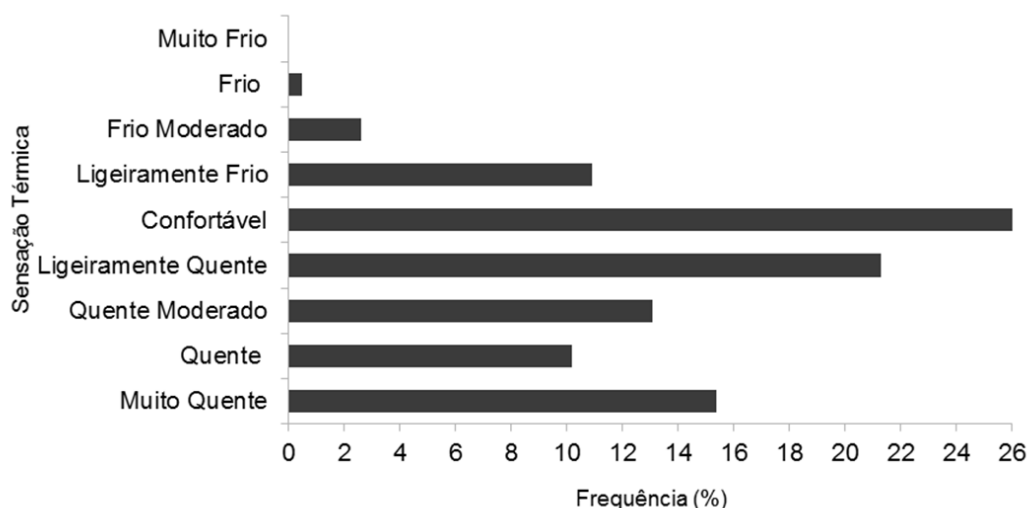


Figura 1: Classificação das sensações térmicas durante o verão, entre 2014 e 2018.

Ao se observarem os verões separadamente notam-se que as estações de 2018 e 2014 (Figura 2) foram os mais estressantes em relação ao calor ($HI > 34^{\circ}\text{C}$; “muito quente”) quando comparados aos outros anos, o que pode acarretar falhas na termorregulação humana (Maia e Gonçalves, 2002). Ao longo dessas duas estações, os meses de janeiro (2018) e fevereiro (2014) caracterizaram-se como os mais desconfortáveis, apresentando nesses dois meses, praticamente, a metade de todo o estresse térmico da estação, respectivamente (52% em janeiro de 2018 e 44% em fevereiro de 2014), Figuras 2a e 2d. O verão de 2017 foi o ano em que se teve a maior frequência da sensação “quente” (com valor de HI entre 31°C a 34°C em 12,4% do período) e de períodos de “ligeiro frio”, comparado aos outros anos (18%; HI entre 19°C e 22°C), (figura 2d).

Com relação ao conforto sentido nessas estações, notou-se que os verões de 2016 e 2017 apresentaram as maiores frequências de períodos confortáveis, com tal condição predominando em 30% do período estudado, aproximadamente (HI entre 22°C e 25°C). Porém, parece haver uma tendência de queda dessa sensação nas últimas três estações (verões de 2016, 2017, 2018).

A Figura 3 apresenta as sensações em cada mês (dezembro, janeiro e fevereiro), de verão (2014, 2015, 2016, 2017 e 2018). É possível notar que o conforto térmico nos meses de dezembro tem diminuído nos últimos anos e que os períodos quentes e quentes moderados aumentaram até 2017 e diminuíram em 2018 (que pode ser influência do fenômeno El Niño). A sensação de frio moderado se manteve com baixa frequência e constante no período. Para Janeiro, mostra-se um aumento do conforto térmico (até 2017, com posterior queda), um aumento da sensação “quente e quente moderada”, (principalmente nos últimos quatro anos) e uma oscilação de dias “muito quentes”. O mês de fevereiro também apresentou uma queda no conforto térmico nos últimos anos (assim como dezembro) e, ao contrário dos outros meses, mostrou uma diminuição das sensações “muito quente e quente moderado”, sugerindo ser um mês (na média) “menos quente” (a partir de 2015). Isso parece ser “comprovado” pelas sensações de “frio moderado” e “frio” que aumentaram de frequência nos últimos anos (desde 2015).

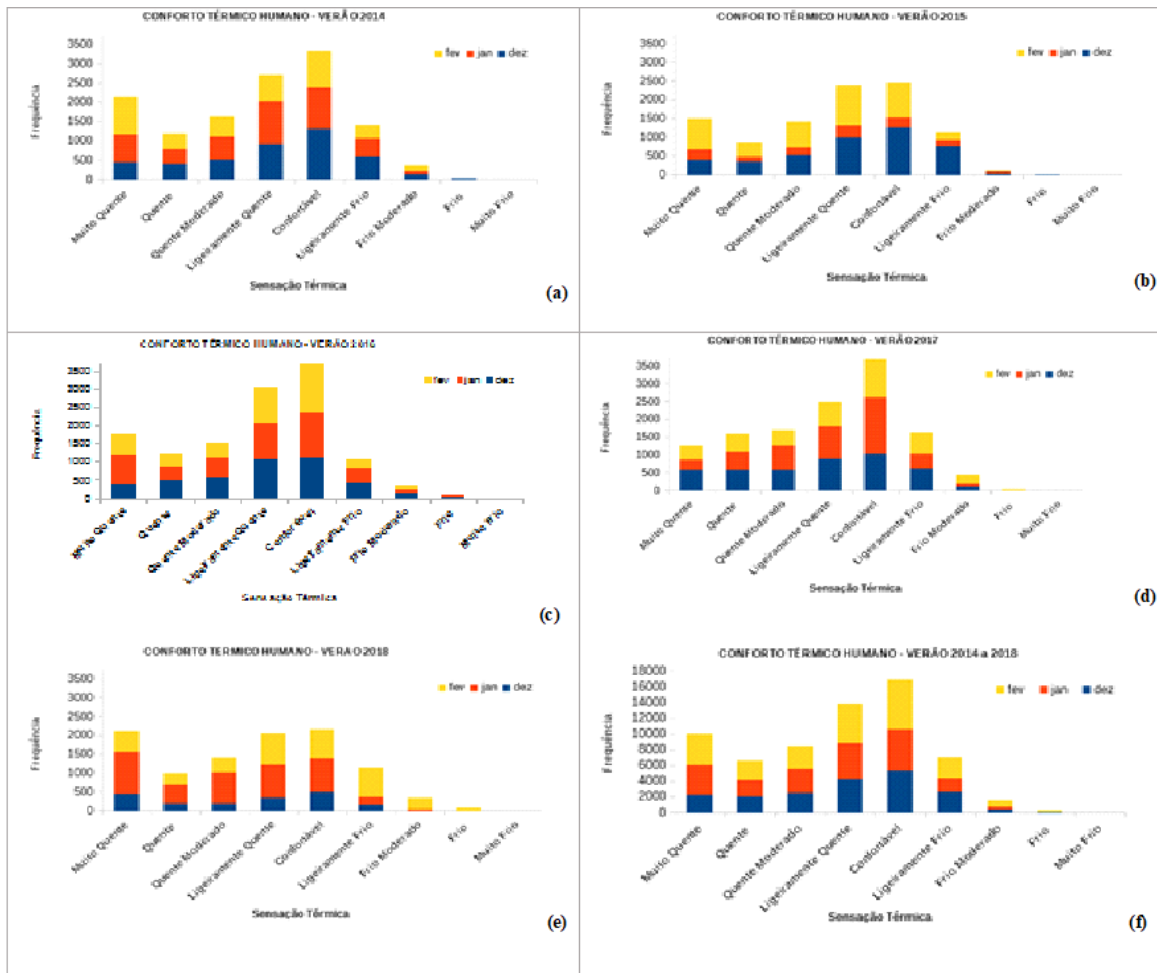


Figura 2: Distribuição das zonas de conforto térmico para os verões, no período 2014 a 2018.

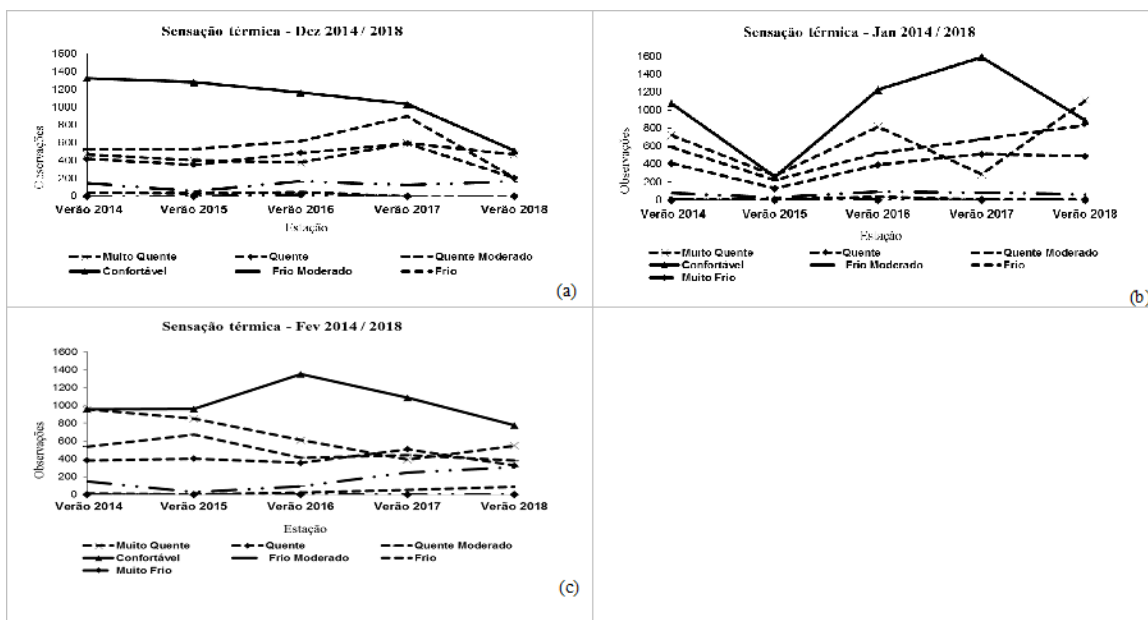


Figura 3: Distribuição das sensações térmicas em dezembro, janeiro e fevereiro, entre 2014 a 2018

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Este trabalho teve o objetivo de caracterizar a sensação térmica durante os últimos cinco verões na cidade de Cerro Largo, noroeste gaúcho.

Notou-se que, de maneira geral, a sensação de comodidade térmica é a mais presente ao longo do verão, entretanto, esta parece estar diminuído nos últimos anos. O ano de 2017 foi considerado o mais agradável e cômodo, não apresentando períodos de calor intenso ou sensações de muito calor, se comparado a outros anos.

Ao longo dos últimos verões, os meses de dezembro e janeiro apresentaram uma tendência de aumento das sensações “quente moderado” e “quente”, o oposto do ocorrido durante os meses de fevereiro.

Cabe ressaltar que esse estudo analisou a aplicabilidade do índice biometeorológico, ou modelo de balanço de calor (Heat Index), que considera variáveis ambientais e pessoais na estimativa do grau de conforto/desconforto térmico humano. Sugere-se, em estudos posteriores, a validação desse índice, através de medidas in loco e da aplicação de questionários sobre sensação térmica.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANSI/ASHRAE Standard 55-1992. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers. Atlanta, 1992.

MAIA, J.A.; GONÇALVES, F.L.T. **Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo - Parte 1.** In: congresso brasileiro de meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu, Anais..., 2002.

MONTEIRO, I.; ALUCCI, M. **Índices de conforto térmico.** Parte 1 e 2. In: VIII ENCAC, 2005, Maceió. *Anais...* Antac, 2005a e 2005b.

RORIZ, M. **Conforto térmico em edificações: um modelo matemático e uma aplicação.** 1996. 185f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996.

EFEITO DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E VARIEDADES EM CANA-DE-AÇÚCAR

Artur Gustavo Müller¹; Alessandra Duarte de Oliveira¹; Fernando Antonio Macena da Silva¹
Autor para correspondência: artur.muller@embrapa.br

¹Embrapa Cerrados

RESUMO

Com a perspectiva de terem opções de maquinaria capaz de implantar, cultivar e colher cana-de-açúcar em diferentes espaçamentos entre linhas, este trabalho tem por objetivo verificar a ocorrência de interação entre variedades de cana-de-açúcar, contrastantes em relação ao ângulo de inserção das folhas, e o espaçamento entre linhas de plantio em relação a produção de colmos. Os resultados não apresentaram variação na produção de colmos por unidade de área para nenhum dos fatores nem para a interação destes, contudo, frente a revisão realizada existe a necessidade de novos experimentos para realizar análise conjunta e aumentar a precisão de estimativa do efeito médio do tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Peso de colmo; inclinação de folhas; sistema de produção

EFFECT OF LINES SPACING AND VARIETIES IN SUGAR CANE

ABSTRACT

With the prospect of having options of machinery capable of implanting, cultivating and harvesting sugar cane in different line spacing, this work aims to verify the occurrence of interaction between sugarcane varieties, with different leaves insertion angle, and the lines spacing in relation to stem production. The results showed no variation in the yield of stems per unit area for any of the factors nor for the interaction of these, however, in view of the review, there is a need for new experiments to perform joint analysis and increase the accuracy of estimate of the mean effect of the treatment.

KEY-WORDS: Stem weight; leaf tilt; production system

INTRODUÇÃO

Espaçamento entre linhas das principais culturas tem sido reduzidos, esta tendência ocorre principalmente em culturas anuais e com variedades menores e com folhas mais eretas. No cultivo da cana-de-açúcar os espaçamentos entre 2 e 0,9 metros apresentam resultados experimentais com aumentos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar associados a utilização de menores espaçamentos entre sulcos (GALVANI et al., 1997), contudo limitações de máquinas ditam os amplos espaçamentos entre linha utilizados, sendo o espaçamento ideal, para esta situação, de 1,4 segundo Stolf e Barbosa (1991) e 1,5 metros para Beauclair e Scarpari (2006).

Atualmente opções estão surgindo em função de novas máquinas o que leva a necessidade de avaliações do desempenho da cultura em diferentes espaçamentos, considerando também os padrões de arquitetura foliar das variedades disponíveis e a expansão da cultura para novas regiões.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar a ocorrência de interação entre variedades de cana-de-açúcar, contrastantes em relação ao ângulo de inserção das folhas, e o espaçamento entre linhas de plantio em relação a produção de colmos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi instalado um experimento fatorial 2X4 em área da Embrapa Cerrados, sendo um dos fatores composto por duas variedades de cana-de-açúcar contrastantes quanto à inclinação das folhas (RB 86-7515 de folhas mais eretas e IAC 91-1099 de folhas mais prostradas) e o outro fator composto por quatro espaçamentos entre linhas que possuem perspectiva de serem utilizados em larga escala dependendo do tipo de maquinaria disponível (estrito com 0,9m; normal com 1.5m; base larga com 1,8m sendo 0,4m a largura de plantio e fileira dupla com 1,8m x 0,9m). O delineamento experimental foi em blocos casualizados e o esquema de distribuição dos fatores em parcela subdividida, sendo o fator variedade alocado nas subparcelas.

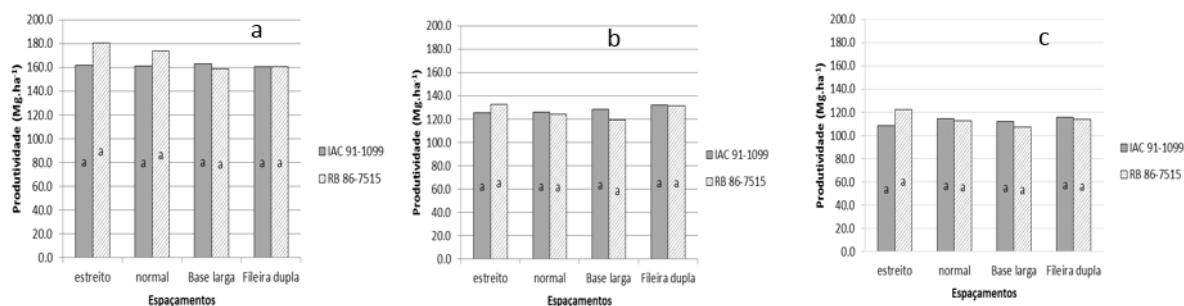
O experimento foi instalado em área de latossolo vermelho amarelo com acidez corrigida e aplicação de 18 Kg.ha⁻¹ de Bórax, antes do plantio de crotalaria em novembro de 2012. Antes do preparo do solo foram aplicados: 500 Kg de gesso; 300 Kg por hectare de P₂O₅; 180 Kg por hectare de K₂O; 100 Kg por hectare de FTE. O plantio da cana foi realizado de 17 a 20 de julho de 2013. Foram aplicadas lâminas de água, a primeira de 30mm (21 e 22 de junho) e a segunda de 40mm (18 e 19 de agosto). Foi aplicado 300 Kg por hectare de Sulfato de amônia em cobertura em 04 de novembro de 2013.

Após cada corte foi aplicado 70mm de água e, após o início do período de chuvas, 500 Kg de gesso; 40 Kg por hectare de P₂O₅; 180 Kg por hectare de K₂O; 140 Kg por hectare de nitrogênio.

Foram realizados três cortes, espaçadas em um ano. O rendimento de colmo foi avaliado pela análise de variância, seguida de análise complementar quando pertinente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos três cortes realizados não ocorreu variação significativa da produção de colmos por unidade de área para nenhum dos fatores (espaçamento e variedade) nem para a interação destes (Figuras 1). Segundo boa parte dos trabalhos de espaçamentos de cana-de-açúcar, tais como Barbieri (1987), Basile (1993) e Casiero (2014) existe aumento da produtividade nos espaçamentos menores, pelo fato de haver um maior índice de área foliar e interceptação de radiação solar, principalmente no início do ciclo de cultivo. Contudo para Galvani et al. (1997) este fato é mais intenso em cultivos em altas latitudes onde a temperatura mais baixa reduz a velocidade de crescimento e da cobertura da entre linha pelas folhas. Os mesmos autores salientam que em latitudes menores ocorre maior velocidade de crescimento de folhas e da cobertura do solo o que, aliado ao aumento do ciclo da cultura (frio não interrompe o ciclo), reduz o efeito da redução do espaçamento, pois todos espaçamentos cobrem as entre linhas com folhas pela maior parte do ciclo.



As letras idênticas nos rótulos das colunas indicam que a variável não apresentou variância significativa a 5% de probabilidade, dentro do ano.

Figura 1. Produtividade de colmos em duas variedades de cana-de-açúcar e quatro espaçamentos no primeiro (a), segundo (b) e terceiro (c) cortes do ciclo de produção, em Planaltina – DF.

Considerando que a literatura sugere a existência de variação na amplitude de efeitos do espaçamento sobre a produção de colmos de cana-de-açúcar com a latitude, é necessário que as avaliações sejam realizadas em vários anos e ambientes para o aumento da precisão da estimativa do efeito médio de espaçamento. A análise conjunta dos três anos de colheita mostra uma tendência neste sentido, tendo a produção de colmo ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) redução de produtividade, para a variedade RB 86-7515, com o aumento do espaçamento, demonstrando que esta variedade é favorecida com o adensamento. Ao contrário a variedade IAC 91-1099 não apresentou tendência de variação de produtividade de açúcar com os espaçamentos avaliados. Estes resultados também sugerem que o efeito de variedade sejam mais testados para evitar erro de conclusão.

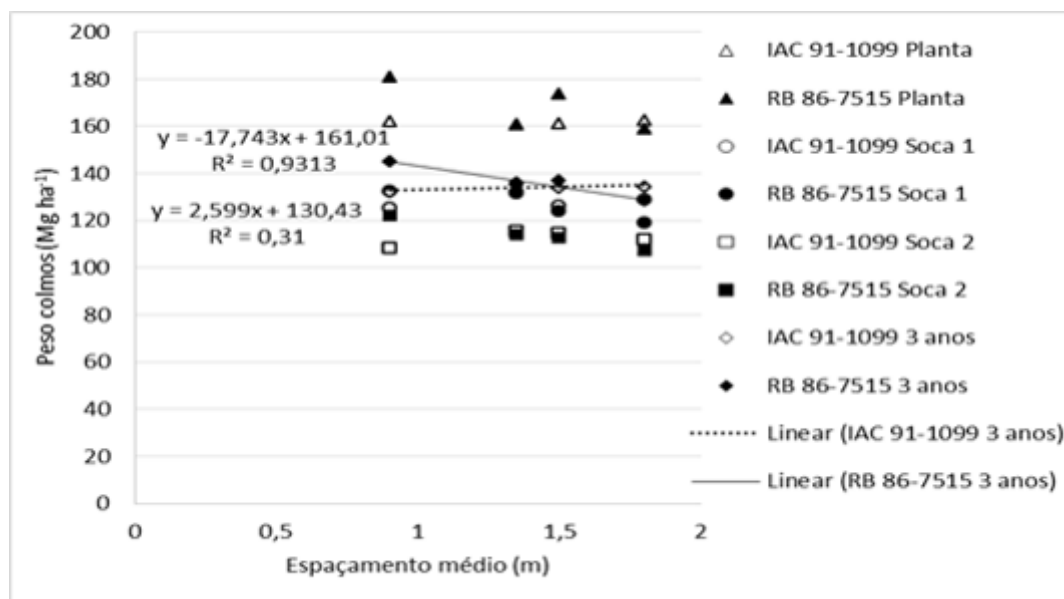


Figura 2. Produtividade de colmos em duas variedades de cana-de-açúcar e quatro espaçamentos em três cortes e regressões lineares para as duas variedades, em Planaltina – DF.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Não ocorreu variação da produção de colmos por unidade de área para nenhum dos fatores nem para a interação destes.

Existe necessidade de avaliação de espaçamento e variedade com maior número de experimentos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Embrapa

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBIERI, V. ; MANIERO, M. A. ; PEREIRA, A. R. Espaçamento e características agroindustriais da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1987, Olinda: **STAB**, 1987. p. 23-27.

BASILE F. A.; CÂMARA, G.M.S.; CESAR, M.A.A.; PIEDADE, S.M.S.; MIRANDA, R.E. Produção e qualidade tecnológica de três variedades de cana-de-açúcar, conduzidas sob espaçamento reduzido e tradicional de plantio em condições de cana-de-ano. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5., Águas de São Pedro, 1993. Anais... Piracicaba: STAB, 1993.

BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. (Org.). Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. Piracicaba: Livroceres. 2006. V.1, p. 80-91.

CASIERO, D. A. P. Efeito do tráfego agrícola na produtividade da cultura de cana-de-açúcar (*saccharum* spp.) nos espaçamentos 1,4 e 1,5m. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu, 2014.

GALVANI, E et al . EFEITOS DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE SULCOS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.). **Sci. agric.**, Piracicaba , v. 54, n. 1-2, p. 62-68, Jan. 1997 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161997000100009&lng=en&nrm=iso>. access on 22 July 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161997000100009>.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação (3ª Ed.). Viçosa: Ed. da UFV, 2005. 320 p.

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio de cana de açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: II Fórmulas de previsão e controle. STAB. Açúcar, Etanol e Subprodutos, Piracicaba, v. 10, p. 11-15. set.- dez. 1991.

REDE DE SENSORES SEM FIO SUBTERRÂNEA, DESIGN E ANÁLISE DE COMUNICAÇÃO

Tércio Alberto dos Santos Filho¹; Sérgio Francisco da Silva¹; Marcos Napoleão Rabelo²; Rafael de Ávila Rodrigues³; Alexandre C. R. da Silva⁴
Autor para correspondência: tercioas@ufg.br

¹Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão - Curso de Ciência da Computação; ²Universidade Federal de Goiás - UFG - Regional Catalão - Matemática e Tecnologia; ³Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão - Bacharelado em Geografia; ⁴Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Departamento de Engenharia Elétrica - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

RESUMO

Redes de sensores sem fio subterrâneas ou WUSNs, (do inglês Wireless Underground Sensor Networks) é uma das categorias de redes de sensores sem fios (WSNs), onde os nós de sensores estão enterrados no solo. As redes de sensores sem fio subterrâneas são compostas por módulos que se comunicam uns com os outros por meio de comunicação sem fio que podem estar no subsolo ou com outros nós que estão na superfície do terreno. A arquitetura proposta neste trabalho tem como objetivo determinar a distância máxima que os módulos são capazes de estabelecer uma comunicação eficiente e confiável, baseada no padrão IEEE 1451. O padrão IEEE 1451 tem como objetivo estabelecer a padronização da comunicação entre os módulos proporcionando uma rede expansível e com um baixo custo. A arquitetura para os testes é composta por dois módulos: um enterrado no solo e um na superfície. Cada módulo utilizado no trabalho é composto por um módulo de comunicação sem fio, sensores e bateria. No presente trabalho, é apresentada também a teóricanecessária para realizar os testes de comunicação utilizando os módulos que opera na faixa de frequência de 2.4GHz. Com os módulos desenvolvidos será verificado a comunicação entre os módulos e a distância máxima.

PALAVRAS-CHAVE: IEEE 1451; Rede de sensores sem fio subterrâneo; comunicação

KEY-WORDS: IEEE 1451; network; network

INTRODUÇÃO

gfghghfghfghfgh

DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE UMIDADE DO SOLO POR MEIO DE MÉTODOS OTÍCOS

Luiz Diego Vidal Santos¹; Adilson Machado Enes¹; Francisco Sandro Rodrigues Holanda¹; Silvestre Rodrigues²; Paulo Roberto Gagliardi¹
Autor para correspondência: vidal.center@academico.ufs.br

¹Universidade Federal de Sergipe; ²Universidade Federal de São João del-Re

RESUMO

Estudo propôs a analisar diferentes níveis de umidade aplicados ao solo e a resposta do fenômeno *biospeckle* dinâmico por meio de processamento de digital de sinais. A possibilidade de usar o processamento digital de sinais (PDS) associado aos sistemas de previsão de variáveis de umidade podem auxiliar na predição e manutenção de equipamentos direcionados a irrigação, promovendo eficiência e economia para o campo. Amostras de solos foram distribuídas por Sete níveis de umidade desde o ponto de murcha até a capacidade de campo do Argissolo vermelho-amarelo. Foram avaliados os níveis de: 13%, 16%, 19%, 21%, 24%, 27% e 30% de umidade. Para análise da atividade da umidade através do *biospeckle*, foram utilizadas as técnicas de Momento de Inércia (MI) e Diferença Generalizada (DG), todas sobre a filtragem de bandas com aberturas de janelas através do filtro Wavelet. As amostras apresentaram mudanças significativas, nas amostras com 16%, 19% e 21% de umidade. O fenômeno biospeckle mostrou evidenciada correlação entre a umidade pelo método da estufa e os dados da atividade biológica. Este trabalho ressalta que o método do *biospeckle* dinâmico mostrou potencial uso para análise de umidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Transformada de Fourier; Laser HeNe; Teor de água

DETERMINATION OF SOIL MOISTURE LEVELS BY MEANS OF TYPICAL METHODS

ABSTRACT

Study proposed to analyze different levels of moisture applied to the soil and the response of the dynamic biospeckle phenomenon by means of digital signal processing. The possibility of using digital signal processing (PDS) associated with moisture variable prediction systems can help in the prediction and maintenance of irrigation equipment, promoting efficiency and savings for the field. Soil samples were distributed by Seven moisture levels from the wilting point to the field capacity of the red-yellow Argisol. The following levels were evaluated: 13%, 16%, 19%, 21%, 24%, 27% and 30% humidity. For the analysis of the humidity activity through the biospeckle, the techniques of Moment of Inertia (MI) and Generalized Difference (DG) were used, all over the filtering of bands with window openings through the Wavelet filter. The samples showed significant changes in the samples with 16%, 19% and 21% humidity. The biospeckle phenomenon showed a clear correlation between moisture by the greenhouse method and biological activity data. This work highlights that the dynamic biospeckle method showed potential use for soil moisture analysis.

KEY-WORDS: Fourier Transform; HeNe Laser; Water content

INTRODUÇÃO

A atividade da água no solo é responsável pelo desenvolvimento da cultura agrícola cultivável (ZHANG et al., 2017) e pela absorção de nutrientes (TRINH; KUSHAARI, 2016), fazendo com que estes, se tornem disponíveis para as plantas, já em materiais biológicos, os níveis de atividades estão diretamente relacionados a diversos fatores como viabilidade celular, troca de gases, respiração, atividade microbiana. Analisar estas atividades são de suma importância para a agricultura, pois o sucesso da cultura está estritamente relacionado a presença da água e matéria orgânica no solo (COTCHING, 2018). Para atingir este propósito, sensores são instalados nas máquinas, ou diretamente no solo permitindo que dados referentes a umidade sejam modelados o que possibilita um controle mais efetivo, preciso e econômico. Por outro lado, o uso destes equipamentos pode ser oneroso ou requerer elevado tempo para os resultados. Diversos fenômenos têm sido estudados como potencial ferramenta para análise de qualidade e viabilidade de diversos materiais biológicos, de forma rápida e não destrutiva, dentre eles o biospeckle dinâmico laser que pode ser descrito segundo Enes et al. (2006), como um fenômeno óptico de interferência que ocorre quando há incidência de luz coerente em um material biológico que exhibe algum tipo de atividade, atualmente o biospeckle se mostra viável para análise de diversos materiais.

Ainda segundo Rabelo et al. (2005), O *biospeckle* pode ser definido como sendo um fenômeno óptico de interferência que ocorre quando o laser incide sobre uma superfície onde se desenvolve um processo dinâmico. Esse fenômeno é bem conhecido em estudos de óptica, e ocorre quando a luz laser incidente se espalha sobre uma superfície, a qual exhibe algum tipo de atividade. Pode ser notado quando se ilumina, com luz laser, materiais biológicos, como por exemplo, sementes, ou em fenômenos não biológicos como a corrosão e a evaporação. Se o objeto difusor se move, os grãos individuais do padrão de *speckle* também se movem alterando assim, a sua forma. Isso permite supor que os padrões de *speckle* dinâmico contêm informações sobre o movimento do objeto. Esse fenômeno é muitas vezes denominado de *boiling speckle* devido ao fato de sua aparência visual ser similar a um líquido em ebulição, podendo também, ser descrito como um fervilhamento luminoso.

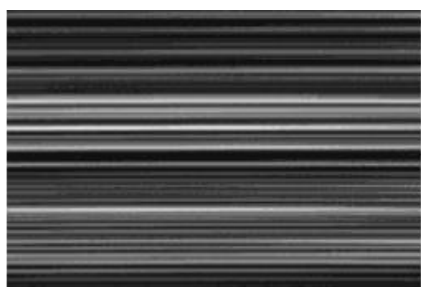
Estudos tem demonstrado que o *biospeckle* laser apresenta viabilidade para análise de produtos agrícolas, a título de exemplo temos Alves et al. (2013) que, induzindo cenouras a diferentes níveis de umidade, comprovaram a influência do teor de água e da respiração nos resultados do biospeckle, (VIVAS et al., 2017), este método é capaz de predizer tanto a qualidade do grão de café quanto à sua capacidade de germinação, e que os níveis da atividade do biospeckle esta estritamente relacionado com a umidade dos grãos durante incidência de luz coerente, (CARDOSO et al., 2011), em posterior trabalho demonstrou que seria capaz de analisar o *biospeckle* da água que demonstraram a possibilidade de criar mapas de frequência em sementes de milho isolando a atividade da água utilizando como filtro a transformada Wavelet, outros trabalhos comprovam a existência do fenômeno em diversos materiais, (HENRIQUE; CARVALHO, 2007) determina a capacidade de inseminação de sêmen bovino, (SUTTON; PUNJA, 2017) viabilidade de sementes de trigo e a identificação de espécies de fungos (HADIAN et al., 2008), direcionado a atividade em água (VIANA; PIRES; BRAGA, 2017), descreve ser possível estimar desinfecção de águas residuárias submetidas à cloração, através do fenômeno.

Até o momento, as propostas de utilização do biospeckle laser têm se mantido restritas ao laboratório, dentre as principais técnicas empregadas na análise do fenômeno são as baseadas na variação temporal dos dados com estatísticas de primeira e segunda ordem, tais como a História Temporal do Speckle (STS) e as Matrizes de Ocorrências Modificadas (MOC), permitindo tanto a criação de mapas de atividades, empregando técnicas tais como as Diferenças Generalizadas (DG) e o Método de Fujji, como a quantificação do fenômeno, empregando a técnica conhecida como Momento de Inércia (MI) ou Módulo de Dispersão de Intensidades (MDI), porem este métodos demonstram ser influenciados por diversos fatores como a vibração ambiental e ruídos externos, os quais podem interferir nas medições, exigindo que as mesmas sejam feitas em ambiente controlado. No entanto, estudos recentes envolvendo a análise de bandas de frequências do biospeckle laser Lama et al., (2016), demonstram ser possível utilizar as Transformadas de Wavelets (TW) e as Transformadas de Fourier (TF) e Transformada de Fourier Janelada (TFJ), para isolar frequências do padrão de atividade do biospeckle, permitindo assim, estabelecer uma correlação entre determinadas frequências e os elementos físicos e/ou biológicos que as perturbaram.

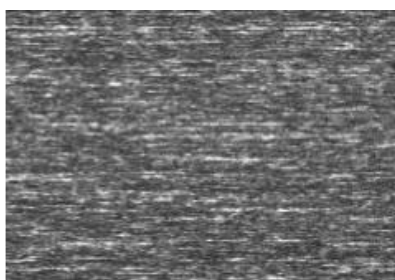
Quanto ao Momento de Inércia, Rabelo (2000). explica o que vem a ser o **STS**, bem como, o módulo de dispersão de intensidades, da seguinte forma:

O Padrão temporal do “*speckle*” (STS) constitui-se de uma manipulação das diversas imagens obtidas da superfície do objeto iluminado pelo laser. De cada imagem conseguida, retira-se uma linha que é colocada ao lado da linha da imagem subsequente, formando uma imagem de 512x512 “pixels” denominada de STS. A ocorrência de algum movimento superficial ou interno do material será transmitida para a figura do “*speckle*” formado e assim, a linha observada será diferente da anterior. Por outro lado, se a figura formada for composta por linhas bem definidas, significa que não está ocorrendo mudança na formação do “*speckle*” de uma imagem para a outra, repetindo sempre o mesmo padrão de antes. (RABELO, 2000, p. 12).

Conforme a explicação do autor, a figura 1a apresenta o **STS** de um material que não possui atividade, enquanto que a figura 1-b, apresenta o **STS** de um material que exibe alta atividade.



1 a – STS baixa atividade



1 b – STS alta atividade

Figura 1 - Imagens de **STS** sem atividade e com alta atividade respectivamente. Fonte: (RABELO; FABBRO, 2000).

A imagem do **STS** carrega informações relativas à atividade do material sob estudo. Embora as diferenças entre uma imagem **STS** proveniente de um material de baixa atividade, e uma imagem **STS** proveniente de um material de alta atividade possa ser visualmente constatada sem maiores dificuldades, esta diferença qualitativa não é suficiente para fins de automação no processamento dos dados. Sendo assim, procurou-se elaborar métodos matemáticos que pudessem expressar de forma numérica o nível de atividade correspondente a uma imagem **STS**. Para chegar a esta quantificação, torna-se necessário transformar a matriz **STS** em uma matriz de ocorrências denominada *concurrency matrix* (**COM**).

A matriz de ocorrências assume a forma predominante de uma matriz diagonal, onde os valores principais se concentram em torno da diagonal principal (quando $i = j$). Os desvios da diagonal principal estão relacionados com o nível de atividade, já que quando uma intensidade aparece seguida por um valor diferente significa que ocorreu variação na intensidade do pixel, e neste caso, i é diferente de j . A figura 2 mostra a matriz de ocorrências da figura 1a e Figura 1b, respectivamente.

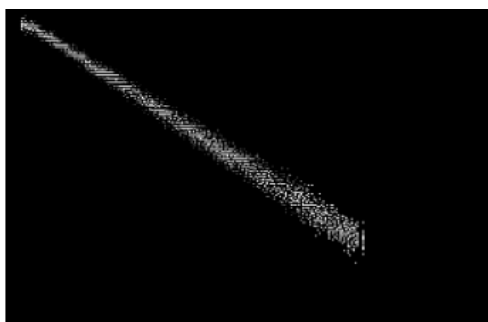


Fig. 2-a MOM baixa atividade

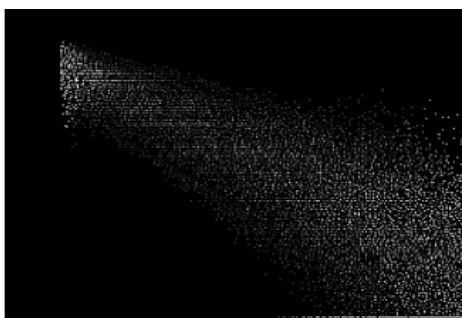


Fig 2-b MOM alta atividade

Figura 2 - Matriz de Ocorrências Modificada das figuras 1 – a e 1 - b, respectivamente. Fonte: (RABELO; FABBRO, 2000).

Para se extrair um número que represente ou quantifique essa dispersão, Arizaga et al. (1999), propuseram calcular o momento de inércia (**MI**) da matriz de ocorrências modificada (**MOM**). O método foi estudado por Rabelo (2000), que comprovando sua eficácia passou a tratá-lo como Módulo de Dispersão de Intensidade (**MDI**).

Sabe-se que os avanços mais notáveis no campo de máquinas agrícolas dos últimos tempos têm se dado no campo da agricultura de precisão, que busca o controle de forma precisa dos parâmetros e variáveis responsáveis por influenciar a produtividade, como por exemplo, a fertilidade do solo. Para atingir este propósito, sensores são instalados nas máquinas, permitindo que os dados referentes à produtividade sejam comparados com outros fatores, o que possibilita um controle mais efetivo, preciso e econômico dos parâmetros que elevam a produtividade. Por outro lado, um dos fatores que está intimamente relacionado com a produtividade agrícola, diz respeito à microbiologia do solo. A atividade microbiológica do solo é responsável pela estabilização da matéria orgânica e liberação de nutrientes, fazendo com que estes, se tornem disponíveis para as plantas. No entanto, até o momento, não há um sensor capaz de expressar a atividade microbiológica presente no solo. O embasamento teórico associado ao fenômeno *biospeckle* laser, permite supor que a atividade microbiológica do solo pode ser quantificada de forma indireta, e suas perturbações nas frequências de atividade podem ser estudadas e classificadas com técnicas de análise de frequência. Como a água costuma estar presente no solo em abundância, a interferência desta deve ser isolada durante o processamento.

O embasamento teórico associado ao fenômeno *biospeckle* laser, permite supor que a atividade da água no solo pode ser quantificada de forma indireta, e suas perturbações nas frequências de atividade podem ser estudadas e modeladas com técnicas de análise de frequência. Como a água costuma estar presente no solo em abundância, influenciando todo comportamento deste, poderá influenciar nas atividades físicas naturais do solo. Diante dos fatos apresentados, este projeto visa propor o estudo e modelamento da frequência de interferência da água no solo por meio do fenômeno *biospeckle* laser e avaliar o potencial do *biospeckle* laser empregado no monitoramento de teor de água em um solo de textura arenosa, típico do estado de Sergipe. Este conhecimento será importante, pois no futuro, poderá ser usado para o desenvolvimento de sensores que permitirão indicar de forma indireta, a atividade do solo em diferentes níveis de umidade, contribuindo para aumentar os parâmetros de monitoramento e mapeamento para a agricultura de precisão e manejo na irrigação.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Propor o estudo e classificação da frequência de interferência da água no solo por meio do fenômeno ótico *biospeckle* laser e avaliar o potencial do *biospeckle* laser empregado no monitoramento de teor de água em um solo de textura arenosa, típico do estado de Sergipe. Este conhecimento será importante, pois no futuro, poderá ser usado para o desenvolvimento de sensores que permitirão indicar de forma indireta, a atividade microbiológica do solo, bem como seu teor de água, contribuindo para aumentar os parâmetros monitorados no mapeado em agricultura de precisão, bem como no manejo de culturas irrigadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de Solo

As amostras do solo foram coletadas no Campus Rural Universitário da Universidade Federal de Sergipe, local que apresenta solos classificados segundo Manzatto et al. (2002), como Argissolo Vermelho Amarelo, Figura 1, a tabela 1 descreve as químicas, determinadas através da análise de solos realizada no Instituto de Pesquisa de Sergipe (ITPS), análise foi realizada em amostra de Argissolo fina seca em estufa (t.f.s.e.) a 40°C.



Figura 3. Local das amostras de solo

Tabela 1. Comparações entre médias para os rendimentos em carvão vegetal.

Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método
Matéria Orgânica	12,9	g/dm ³	–	WB
Magnésio	1,05	cmolc/dm ³	–	KCl
Sódio	0,038	cmolc/dm ³	–	Mehlich-1
Potássio	0,05	cmolc/dm ³	–	Mehlich-1
Hidrogênio + Alumínio	1,82	cmolc/dm ³	–	SMP
pH em SMP	6,7	–	–	MAQS-Embrapa
SB-Soma de Bases Trocáveis	2,46	cmolc/dm ³	–	–
CTC	4,28	cmolc/dm ³	–	–
PST	0,89	%	–	–
V - Índice de Saturação de Bases	57,5	%	–	–
pH em Água	5,82	–	–	H ₂ O
Cálcio + Magnésio	2,37	cmolc/dm ³	0,38	KCl
Cálcio	1,32	cmolc/dm ³	0,22	KCl
Alumínio	<0,08	cmolc/dm ³	0,08	KCl
Sódio	8,7	mg/dm ³	2,2	Mehlich-1
Potássio	20,9	mg/dm ³	1,4	Mehlich-1
Fósforo	1,4	mg/dm ³	1,39	Mehlich-1

Delineamento Experimental

De mãos das amostras de solo, para analisar o nível atual de umidade do solo coletado, foram pesadas em balança semi-analítica Figura 2a, cinco amostras de aproximadamente 50g e posteriormente levadas a estufa a 105° durante vinte quatro horas. De mãos dos valores das amostras pós estufa Figura 4, foi verificado o nível de umidade através do método de determinação de umidade por estufa, o qual se obteve 11% de umidade no solo, valor considerado o inicial amostra de solo maior em sete amostras menores de aproximadamente 1kg cada, para diferentes níveis de umidades, os quais se diferenciam em 2,72% a mais que o anterior, ate que foi alcançada a umidade de 30%, tabela 2 para o aumento de umidade foi utilizada água destilada, pipeta graduada de 25ml Figura 5, para conversão de grama (g) em mililitro (mL), foi considerada temperatura da água a 24°C.

Tabela 2. Níveis de umidade das amostras

Níveis de umidade do solo						
UM* I	UM II	UM III	U IV	UM V	U VI	U VII
13%	16%	19%	21%	24%	27%	30%
24,513mL	49,03mL	73,54mL	98,05mL	122,56mL	147,08mL	171,59mL

Metodologia para captura de imagens

Com o Lazer HeNe 632nm incidindo nas amostras de solo, foram coletadas imagens através de método direto que consistia dos vídeos direto da câmera através de um cabo AVI e uma conectado em uma placa de vídeo assim, a aquisição dos frames através da quebra do vídeo já roda diretamente no software principal da pesquisa com um intervalo de 0.15 segundos para as aquisições que equivale o tempo de aquisição da câmera para cada frame, evitando assim a interpolação de imagens, a perda de arquivos e principalmente a interferência durante a coleta das imagens.

Figura 2. Setup para aquisição das imagens.

Metodologia para captura de imagens

Para a avaliação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Normalidade Shapiro Wilk (SK) o qual constou que os dados seguem normalidade aceitável para utilização do método de análise de variância de um fator (ANOVA). As médias, a partir dos dados obtidos das sete umidades avaliadas, foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e apreciação de regressão não linear, com melhor ajuste para o modelo logístico, para determinar o comportamento sob a perspectiva de progressão em umidade, foi testado os modelos lineares e polinomial, considerando o melhor ajuste com $R^2 > 80\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Momento de inércia

Os valores de Momento de Inércia capturados pelo método de biospeckle dinâmico apresentaram diferença significativa, valores constantes na Tabela 3. Com relação ao comportamento da regressão, os primeiros níveis demonstraram um comportamento linear, decaindo no nível 5 o qual apresenta aproximadamente 25% de umidade.

Tabela 2. Análise de Variância com significância a 5%

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	1,05E+12	6	1,75E+11	25,17	5,15E-15	2,24
Dentro de grupos	4,38E+11	63	6951658889			
Total	1,49E+12	69				

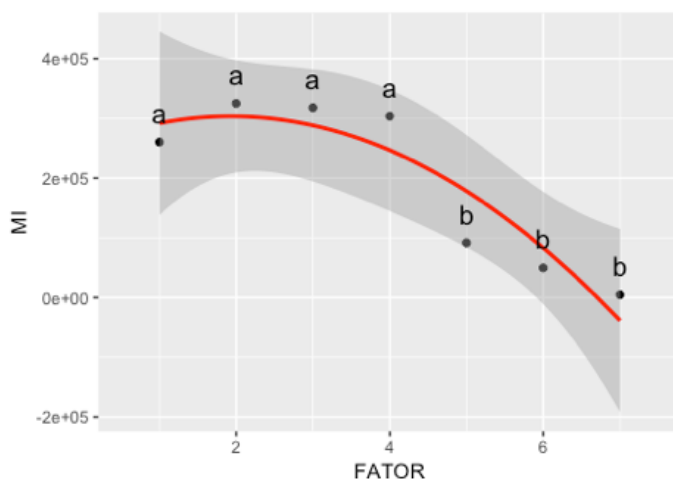
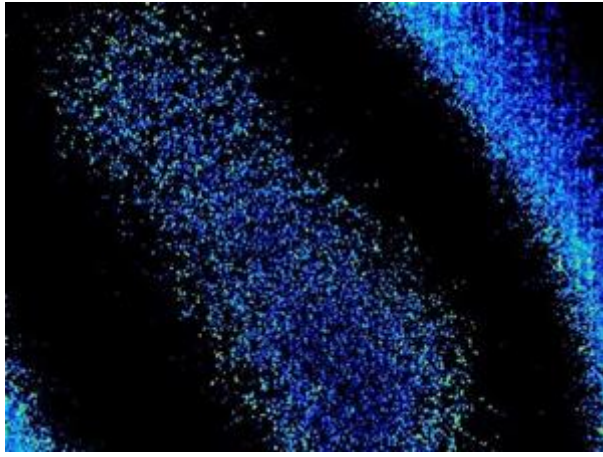


Figura 4. Gráfico de Regressão para medidas de momento de inércia

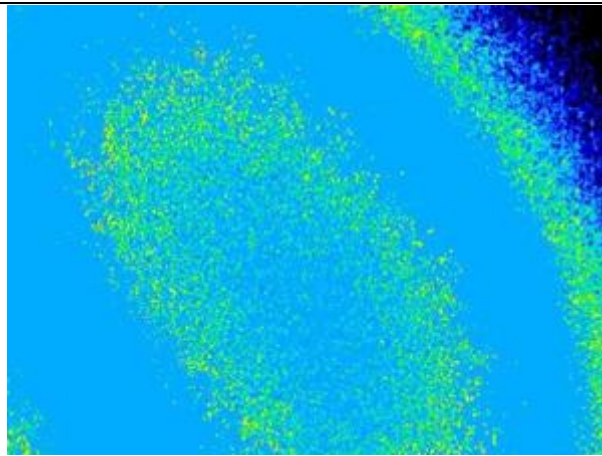
Os resultados mostram haver correlação entre a quantidade de água e os níveis de atividade monitorados pelo biospeckle laser, conforme pode ser observado nos diferentes níveis. Partido da Figura 5a à Figura 5f, resultantes do processamento com o método DG e reconstrução de uma única banda de frequência. Onde nas umidades mais baixas 16%, 19% e 24% (Figura 5) apresenta baixa atividade representada principalmente pelas cores azul e verde de tons mais escuros, já as umidades de 16% e 19% (Figura 5) apresentaram mais atividade do fenômeno.

O uso de apenas uma banda para o processamento com o DG demonstrou seletividade em diferentes níveis de umidade para as amostras de solo. (CARDOSO et al., 2011), demonstrou haver influência dos diferentes níveis de água em grãos de milho influenciam as taxas de atividades registradas pelo biospeckle onde, o grão com presenças de rachaduras e conseguinte maior evaporação da água apresentou níveis maiores de atividade que os grãos que não apresentaram rachaduras, corroborando com este experimento, haja vista que, quanto maior a presença da água no material biológico, maior os níveis de biospeckle, porém quando essa quantidade de água sobressai a quantidade do material analisado mais difícil se torna a padronização desta atividade, muito provavelmente pela ocorrência da redução de muito provavelmente pela inconsistência dos padrões de reflectância da luz coerente, além de interferir diretamente na proporção da matéria orgânica presente no solo demonstrada na Tabela 1 12%, material que por ventura poderia registrar atividade de fungos e micro-organismos, (KOVA?EC et al., 2017).

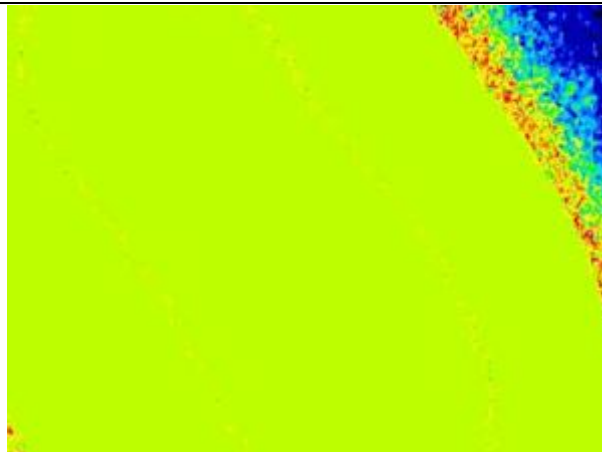
Utilizando a Análise de Variância (ANOVA) com o teste de *Tukey* com o nível de significância a 5%, houve diferença significativa entre os diferentes níveis de umidade, como pode ser observado na Tabela 3.



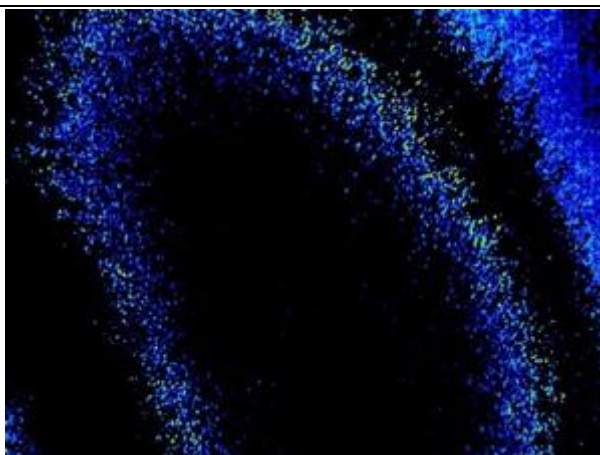
(a) Diferença generalizada 13% Umidade



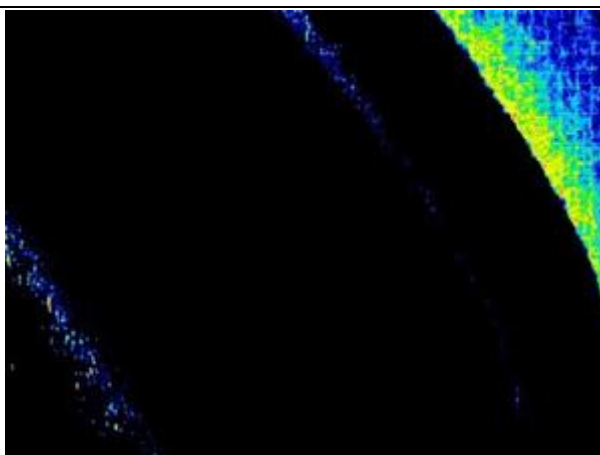
(c) Diferença generalizada 16% Umidade



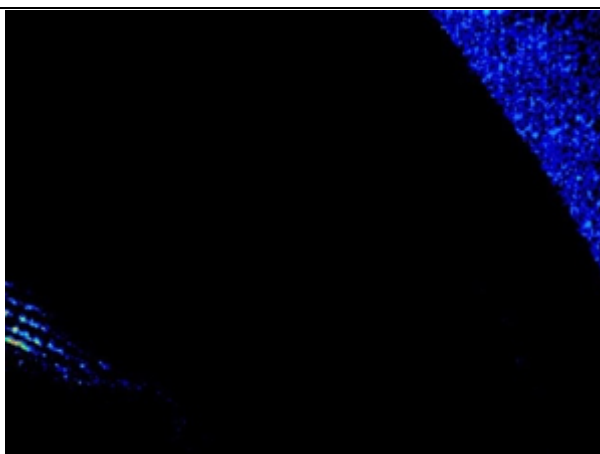
(e) Diferença generalizada 19% Umidade



(g) Diferença generalizada 21% Umidade



(l) Diferença generalizada 24% Umidade



(l) Diferença generalizada 27% Umidade

Figura 5 – Diferença generalizada e histograma das imagens a partir do processamento digital

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Este trabalho apresentou resultados favoráveis ao avaliar não-destrutivamente os níveis de umidade do Argissolo vermelho-amarelo através do uso de processamento digital de sinais, baseado no biospeckle dinâmico associando-as a métodos rotineiros e numéricos, tanto para amostragem espectral tendo como base o DG ou amostragem numérica baseado no MI. Descobrimos que o momento de segunda ordem MI é

sensível a mudança nos níveis de umidade até a taxa de 24% na umidade, se comportando de forma aleatória com o aumento da quantidade de água no solo, médio dos grãos speckle.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À FAPITEC/SE, pela bolsa de estudos, e ao Laboratório de Prototipagem do Curso de Engenharia Agrícola da UFS (LAPROT), pelo apoio e equipamentos cedidos. pelo apoio e concessão da área de estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, J. A.; BRAGA, R. A.; VILAS BOAS, E. V. de B. Identification of respiration rate and water activity change in fresh-cut carrots using biospeckle laser and frequency approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 381–386, dez. 2013.

ARIZAGA, R.; TRIVI, M.; RABAL, H. Speckle time evolution characterization by the co-occurrence matrix analysis. **Optics and Laser Technology**, v. 31, n. 2, p. 163–169, mar. 1999.

CARDOSO, R. R. et al. Frequency signature of water activity by biospeckle laser. **Optics Communications**, v. 284, n. 8, p. 2131–2136, abr. 2011.

COTCHING, W. E. Organic matter in the agricultural soils of Tasmania, Australia—A review. **Geoderma**, v. 312, p. 170–182, 2018.

ENES, A. M.; RABELO, G. F. **Análise de resposta em frequência do biospeckle laser**. 2006. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br>>.

HADIAN, J. et al. Antifungal potency of some essential oils in control of postharvest decay of strawberry caused by *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 11, n. 5, p. 553–562, 2008.

HENRIQUE, P.; CARVALHO, A. Técnica Do Biospeckle Laser (Bsl) Na Avaliação De Sêmen Bovino. 2007. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/>>.

KOVA?EC, E. et al. Biotransformation of copper oxide nanoparticles by the pathogenic fungus *Botrytis cinerea*. **Chemosphere**, v. 180, p. 178–185, 2017.

LAMA, R. K. et al. Interpolation using wavelet transform and discrete cosine transform for high resolution display. **2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)**, v. 1, n. 1, p. 184–186, 2016.

MANZATTO, C. V. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002.

RABELO, G. F. et al. Laser speckle techniques in quality e valuation of orange fruit s orange fruits ev. p. 570–575, 2005.

RABELO, G.; FABBRO, I. **Avaliação da Aplicação do “Speckle” Dinâmico no Monitoramento da Qualidade da Laranja**. 2000. 2000. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br>>.

SUTTON, D. B.; PUNJA, Z. K. Investigating biospeckle laser analysis as a diagnostic method to assess sprouting damage in wheat seeds. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 141, p. 238–247, set. 2017.

TRINH, T. H.; KUSHAARI, K. Dynamic of Water Absorption in Controlled Release Fertilizer and its Relationship with the Release of Nutrient. **Procedia engineering**, v. 148, p. 319–326, 2016.

VIANA, D. C.; PIRES, J. F.; BRAGA, R. A. **Biospeckle laser technique applied for estimating disinfection accomplishment of wastewaters subjected to chlorination**, 2017. . Disponível em: <<http://www.profigen.com.br>>.

VIVAS, P. G. et al. Biospeckle activity in coffee breake seeds is associated non destructively with seedling quality. **Annals of Applied Biology**, v. 170, n. 2, p. 141–149, 2017.

ZHANG, J. et al. Influence of water potential and soil type on conventional japonica super rice yield and soil enzyme activities. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 5, p. 1044–1052, maio 2017.

EFICIÊNCIA DO FILME DE PARTÍCULA NA BATATA DOCE SUBMETIDA A RESTRIÇÃO HÍDRICA

Tassio de Jesus Vasconcelos¹; Alexandre Passos Oliveira²; Pryanka Thuyra Nascimento Fontes³; Eloy Costa de Mattos⁴; Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior⁵
Autor para correspondência: tassio_vasconcelos@hotmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe; ²Universidade Federal de Sergipe; ³Universidade Federal de Sergipe;
⁴Universidade Federal de Sergipe; ⁵Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do filme de partícula a base de óxido de cálcio (CaO) em aspectos agrônômicos e ecofisiológicos da batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetidas a diferentes restrições hídricas. Os resultados da utilização do filme de partícula evidenciam, que o mesmo possui um efeito protetor e antitranspirante, que causa diminuição na temperatura das folhas, e garante um menor potencial hídrico as mesmas, proporcionando um menor nível de estresse das plantas, causado pela restrição hídrica, e com isso possibilitou melhorias na produtividade. Portanto, o filme de partícula se mostra uma alternativa interessante a ser implantada para a cultura da batata doce.

PALAVRAS-CHAVE: Óxido de cálcio; Ecofisiologia; *Ipomoea batatas*

EFFICIENCY OF THE PARTICLE FILM IN SWEET POTATO SUBMITTED TO WATER RESTRICTION

ABSTRACT

The objective of this work was the calcium particle base (CaO) film in agronomic and ecophysiological aspects of sweet potato (*Ipomoea batatas*) submitted to different water restrictions. The results of the use of the particle film show that it has a protective and antiperspirant effect, which causes a decrease in leaf temperature, and guarantees a lower water potential, giving a lower level of plant stress caused by water restriction, and with that it allowed for improvements in productivity. Therefore, the particle film shows an interesting alternative to be implanted for the sweet potato crop.

KEY-WORDS: Calcium oxide; Ecophysiology; *Ipomoea batatas*

INTRODUÇÃO

A espécie (*Ipomoea batatas* Lam.), popularmente conhecida como batata doce, é uma hortaliça tuberosa pertencente à família convolvulaceae, nativa da América do Sul, típica de clima tropical e subtropical. É uma planta rústica, de ciclo rápido, fácil cultivo e comercialização, possui alta tolerância à seca e baixo custo de produção (FIGUEIREDO et al., 2012).

A atividade agrícola é o principal setor que demanda maior parte dos recursos hídricos disponíveis. Ela apresenta cerca de 70% do consumo mundial (BORGHETTI, 2017). De acordo com Chaves & Oliveira

(2004), a falta de água para as culturas de interesse agrônomico promove queda na produtividade e se torna uma grande limitação para a expansão do cultivo em áreas agricultáveis.

Segundo Morinson (2008) é importante obter uma melhor compreensão dos mecanismos fisiológicos, determinantes do crescimento e perda de água em condições de menor disponibilidade desse bem, para melhorar o manejo e garantir produtividade suficiente com menor uso da água nas lavouras, tornando os recursos hídricos mais sustentáveis.

Uma técnica propícia é o uso dos filmes de partículas aplicados sobre plantas. Os filmes de partícula apresentam baixo custo, perfil de segurança, baixa abrasão, pequeno tamanho de partícula, capacidade de dispersão em água, e disponibilidade comercial para utilização agrícola (GLENN et al., 2003). Esses atuam como protetor solar e antitranspirante causando redução de temperatura, prevenindo a perda de água e de ações fotooxidativas devido a sua potencialidade de reflexão da radiação solar (BOARI et al., 2015; CANTORE et al., 2016). Além disso, os filmes de partículas de cálcio promovem proteção ao fotossistema II, além de aumentar a eficiência fotoquímica (DA SILVA et al., 2019).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar o efeito do filme de partícula a base de cálcio (CaO) em aspectos agrônomicos e fisiológicos de batata-doce submetidas a diferentes restrições hídricas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área experimental

Os experimentos foram implantados na Fazenda Experimental “Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe”, localizada no município de São Cristóvão/SE (latitude 10 55’ 27’’ S, longitude 37 12’ 01’’ W e altitude de 46 m). As áreas experimentais foram divididas em 3 linhas de plantio, que foram irrigadas com diferentes níveis de restrição hídrica 33, 66 e 99% da evapotranspiração da cultura (ETc) e a aplicação de formulados de filme de partícula foram feitos a partir dos 30 dias até a colheita, com intervalos de aplicações a cada 10 dias. A irrigação foi realizada por meio de gotejadores por planta, espaçados a 0,30 m. Entre linhas o espaçamento foi de 1,0 m. A quantidade de água aplicada via irrigação foi calculada tomando como base os valores de evapotranspiração de referência (ETo) informados pela estação meteorológica. A adubação foi feita de acordo com o sistema de produção comercial de batata-doce.

Tratamentos

Foram considerados como tratamentos: Os diferentes níveis de restrição hídrica 33, 66 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) e os dois sistemas de cultivo: convencional e com aplicação de filmes de partícula (10% de CaO).

Material vegetal

A batata-doce variedade ourinho é uma variedade legitimamente sergipana, na qual ocupa um patamar de destaque e é considerada de qualidade superior em comparação aos outros tipos cultivados. A variedade ourinho é preferida para aplicação em receitas culinárias em diversas partes do Brasil e até internacionais, devido sua coloração mais amarelada que as demais. Apresenta colheita mais tardia, cinco meses, mas com boa rentabilidade e produtividade.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições. As unidades experimentais foram constituídas de camalhões de 18 m de comprimento x 0,6 m de largura cada, com 6 plantas por parcela, utilizando-se o espaçamento de 0,3 m entre plantas e de 1,0 m entre camalhões. Empregou-se bordaduras nas laterais do experimento, onde foram plantadas variedades comerciais de

batata-doce. Foram utilizadas ramas sadias, com 5 a 6 entrenós, dos quais 3 foram enterrados no topo da leira.

Teor de clorofila

O teor de clorofila foi estimado por meio do medidor portátil de clorofila modelo Clorofilog, (Clorofilog, Brasil). Foi mensurado o teor de clorofila a, teor de clorofila b, clorofila total e a relação de clorofila a/b.

Temperatura foliar

Para análise de temperatura foliar (Tf), foram realizadas monitoramento ao longo do dia da colheita, em dois horários (9 e 12h), utilizando-se quatro repetições. As medidas de Tf foram realizadas por meio de um termômetro digital infravermelho, em folhas que se encontravam expostas à radiação solar direta, ao longo do dia.

Produção total de raízes frescas

A produtividade total (PT) foi calculada pela pesagem de todas as raízes de cada parcela em balança digital. O peso total foi extrapolado para tonelada por hectare ($t\ ha^{-1}$).

Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$, utilizando o programa Yupana (LOZANO ISLA et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os índices de clorofila a, clorofila b, clorofila total e a relação de clorofila a e b (Tabela 1), foi possível notar que não houve diferença significativa nos tratamentos com ou sem o filme de partícula (CaO) para todos os parâmetros de clorofila mensurados. Já para as restrições hídricas foi possível verificar que houve diferença significativa entre o regime de 99% com os regimes de 66% e 33% para os índices de clorofila a, clorofila b e clorofila total. Já para a relação clorofila a/b foi possível notar que o regime de 66% sem filme não diferiu dos demais tratamentos, enquanto que 99% seguiu a resposta dos índices mensurados anteriormente.

Tabela 1: Índices de clorofila a, clorofila b, clorofila total e a relação de clorofila a e b em *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas e aplicação de filme de partícula (CaO a 10%).

Restrição hídrica	CaO	CLha	CLhb	CLh total	Relação CLh a/b
99%	Sem filme	28,7 Ba	12,6 Ba	41,3 Ba	2,29 Aa
99%	Com filme	29,6 Ba	13,2 Ba	42,8 Ba	2,25 Aa
66%	Sem filme	30,4 Aa	14,5 Aa	44,9 Aa	2,14 ABa
66%	Com filme	31,1 Aa	15,5 Aa	46,7 Aa	2,01 Ba
33%	Sem filme	30,8 Aa	14,8 Aa	45,6 Aa	2,11 Ba
33%	Com filme	30,9 Aa	15,5 Aa	46,4 Aa	2,01 Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si para o filme de partícula, e maiúscula para a restrição hídrica, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com os dados de temperatura da copa (°C) no horário de 09:00 (A) e 12:00 (B) horas em *Ipomoea batatas*, figura 1, no horário das 9 horas foi possível notar que para os regimes hídricos de 33% e 66% não apresentaram diferença significativa com utilização do filme de (CaO), contudo para o regime de 99% observou uma diminuição da temperatura com a utilização do filme de partícula. No entanto, para as 12 horas apenas no nível de restrição hídrica de 33% apresentou diferença significativa. Como o esperado, o filme de partícula causou redução na temperatura foliar. Para os demais níveis de restrição não diferiram entre os tratamentos.

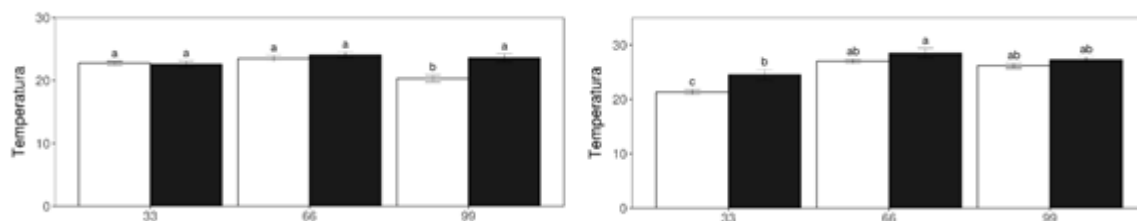


Figura 1: Temperatura da copa (°C) no horário de 09:00 (A) e 12:00 (B) horas em *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas (99%, 66% e 33% da ETc) e aplicação de filme de partícula (Sem filme - coluna branca, com filme 10% CaO – coluna preta).

No parâmetro produtividade de *Ipomoea batatas* (figura 2), as plantas apresentaram produção somente no nível de restrição de 99%. Como esperado as plantas no qual foram aplicados o filme obtiveram maior produtividade, com produção de 10,7 ton/ha e sem o filme de 9,5 ton/ha. Isto representa um aumento de 12,6% na produtividade desta cultura. As plantas com restrições hídricas de 33% e 66% não obtiveram produtividade. Isso pode estar atrelado ao fato de que a partir dos trinta primeiros dias, começou a restrição hídrica realizada no experimento, contudo, as plantas não se desenvolveram corretamente como deveriam, pois, ainda não estavam estabilizadas no local.

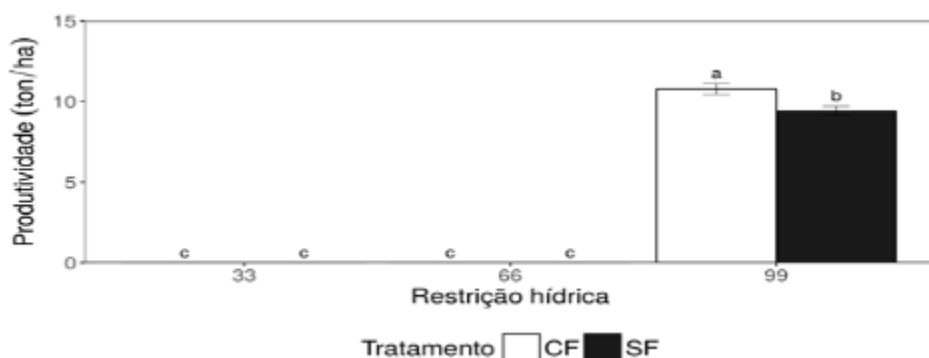


Figura 2: Produtividade de *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas (99%, 66% e 33% da ETc) e aplicação de filme de partícula (Sem filme – coluna preta, com filme 10%CaO – coluna branca).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Portanto, o filme de partícula se mostra uma alternativa para a cultura da batata doce, já que foi possível notar melhorias nos aspectos fisiológicos e agrônômicos, destas quando submetidas a aplicação de CaO a 10%

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BOARI, F. et al. Particle film technology: A supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 154–162, 2015.

BORGHETTI, J. R. et al. Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias. **FAO, Brasília**, 2017

- CANTORE, V. et al. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 53–61, 2016
- CHAVES, M.M., OLIVEIRA, M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits:prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, Eynshan, 55:2365-2384, 2004.
- DA SILVA, Paulo Silas Oliveira et al. Effects of calcium particle films and natural shading on ecophysiological parameters of conilon coffee breake. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 171-177, 2019.
- FIGUEIREDO, J. A. et al. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 708–712, dez. 2012.
- GLENN, D.M., EREZ, A., PUTERKA, G.J., GUNDRUM, P. Particle films affect carbon assimilation and yield in ‘Empire’ apple. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** 128, 356–362, 2003.
- LOPES, E. S. A.; MOTA, D. M. **Tecnologia e renda na agricultura familiar irrigada de Sergipe**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 1997.
- LOZANO ISLA, FLAVIO; GOMEZ CARRION, JIMMY; BENITES ALFARO OMAR, DE MENDIBURU, FELIPE. **Yupana: herramienta web interactiva para el análisis de datos en la investigación agropecuario e industrial** [Internet]. Perú: Quipo.org; 2018. Disponível em: www.quipo.org
- MORINSON, J.I.L.; BAKER, N.R.; MULLINEAUX, P.M.; Davies, W.J. Improving water use in crop production. **Phil. Trans. R. Soc. B.** 363: 639-658, 2008.
- SILVA JBC; LOPES CA. 1995. **Cultivo de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 18 p. (Instruções Técnicas - CNPQ,7)

ADAPTAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE UM INFILTRÔMETRO TIPO CORNELL PARA CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO

Pollyana de Godoy Borges¹; Guilherme Victor Andrade Assis¹; Paulo Sérgio do Carmo²; Hildeu Ferreira Assunção¹

Autor para correspondência: pollyanagodoy@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás; ²Engenheiro Agrônomo

RESUMO

As propriedades hidráulicas do solo, são variantes importantes para o planejamento do uso e manejo da água na agricultura, em atividades de engenharia etc. Apesar da importância destas variáveis, as ferramentas e métodos utilizados para determiná-las são trabalhosos e muitas vezes de baixa confiabilidade, exigindo uma grande quantidade de amostras. Dentre os distintos métodos e instrumentos de determinação das propriedades hidráulicas do solo, o infiltrômetro de Cornell, provavelmente seja o menos trabalhoso e com relativa precisão, possibilitando obter a velocidade de infiltração básica, a condutividade hidráulica e o escoamento superficial, apenas simulando a intensidade de uma chuva. Originalmente, este instrumento traz desvantagens na sua operação, requerendo muita atenção na tomada de notas e no tempo de escoamento dos volumes infiltrado e excedente. O objetivo deste trabalho é apresentar adaptações para automação do infiltrômetro tipo Cornell, tornando-o mais prático. O instrumento foi construído em tubo PVC, um cilindro de aço, controlador arduíno e sensores de vazão, ultrassônico, temperatura e GPS. Com as adaptações adequadas, o instrumento mostra os fluxos de água infiltrados/escoados e grava as informações de posição e de tempo, reduzindo o trabalho do operador e simulando o balanço hídrico de formas rápida e precisa. Dentre as vantagens estão a determinação de variáveis físicas com o uso de apenas um equipamento de fácil calibração para diferentes intensidades de chuva; dentre as desvantagens está o manejo do equipamento em campo. Espera-se que este trabalho contribua significativamente, propondo uma opção de baixo custo, que auxiliará no monitoramento das características físicas do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo do solo; Escoamento superficial; Balanço hídrico

ADAPTATION AND AUTOMATION OF THE CORNELL TYPE INFILTRMETER FOR MONITORING THE HYDRAULIC PPROPERTIES OF SOIL

ABSTRACT

The hydraulic properties of the soil are important variants for the planning of water use and management in agriculture, in engineering activities, etc. Despite the importance of these variables, the tools and methods used to determine them are cumbersome and often of low reliability, requiring a large amount of samples. Among the different methods and instruments to determine the soil hydraulic properties, the Cornell infiltrometer is probably the least laborious and with relative precision, allowing to obtain the basic infiltration rate, the hydraulic conductivity and the surface flow, only simulating the intensity of a rain. Originally, this instrument has disadvantages in its operation, requiring a lot of attention in the taking of notes and in the time of flow of the infiltrated and surplus volumes. The objective of this work is to present adaptations for automation of the Cornell type infiltrometer, making it more practical. The instrument was built in PVC pipe, a steel cylinder, arduino controller and flow sensors, ultrasonic, temperature and GPS. With appropriate adaptations, the instrument shows infiltrated / drained water flows and records position and time information, reducing operator work and simulating water balance quickly and accurately. Among the advantages are the determination of physical variables with the use of only one equipment of easy calibration for different intensities of rain; among the disadvantages is the handling of the equipment in the

field. It is expected that this work contributes significantly, proposing a low-cost option that will help in the monitoring of the physical characteristics of the soil.

KEY-WORDS: Soil Management; Surface runoff; Hydric balance

INTRODUÇÃO

O conhecimento da dinâmica da água no solo está diretamente relacionado com a produção vegetal, sendo fundamental para decisões sobre o uso e manejo dos solos (CALHEIROS et al., 2009). A taxa de infiltração de água no solo (TI) é um importante parâmetro para avaliar a qualidade física do solo, devido à integralização de características como estabilidade de agregados, selamento superficial, distribuição e tamanho de poros (REICHERT et al., 2009).

O infiltrômetro de Cornell é um simulador de chuva portátil, fixado sobre um cilindro de diâmetro conhecido, e conta com um sistema de regulagem de entrada de ar, o qual permite simular diferentes intensidades de chuva. Suas vantagens envolvem o baixo custo de aquisição, praticidade no transporte (tamanho pequeno e peso baixo), avaliação rápida e determinada por uma única pessoa, facilidade de calibração para diferentes intensidades de chuva e baixo consumo de água. O escoamento superficial é influenciado pelas propriedades hidráulicas do solo, material de origem e condições de compactação, solos com maiores condições de compactação apresentam maiores taxas de escoamento. A partir disso será possível perceber as limitações do solo, quanto à infiltração e escoamento superficial. Os estudos sobre o desempenho do infiltrômetro de Cornell em diferentes texturas e tipos de solo, ainda são escassos, sendo, portanto, necessário, comprovar o desempenho deste aparelho a diferentes sistemas de manejo do solo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem o objetivo de apresentar as adaptações para automação de um infiltrômetro do tipo Cornell, utilizando o software de desenvolvimento do arduino e sensores para otimizar as leituras da intensidade de chuva e o escoamento superficial, considerando o balanço hídrico de entrada e saída e a condutividade hidráulica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo desenvolveu-se na Universidade Federal de Goiás, regional Jataí/Campus Jatobá. A adaptação do instrumento foi concebida a partir do modelo “Cornell Sprinkle Infiltrometer”, descrito por VAN ES & SCHINDELBECK (2003), posteriormente utilizado por SANTI (2007).

Para o aprimoramento do infiltrômetro tipo Cornell (Figura 1), utilizou-se um microcontrolador arduino NANO v.3.0, conectado a GPS e sensores de fluxo d’água e ultrassom, que em conjunto, permitem a automação e controles de entrada de água para o solo, e saída por escoamento superficial, facilitando assim, o monitoramento das variáveis físicas do solo que influenciam em sua condutividade hídrica. O Quadro 1 relaciona os materiais utilizados na montagem do infiltrômetro, utilizado nos testes. Cabe ressaltar que foram feitas mudanças nos materiais originais utilizados em relação ao infiltrômetro de Cornell, visando uma produção de menor custo e de fácil acesso para pesquisadores e pequenos agricultores que precisam conhecer as propriedades do solo para fins de planejamento de uso e manejo da água.

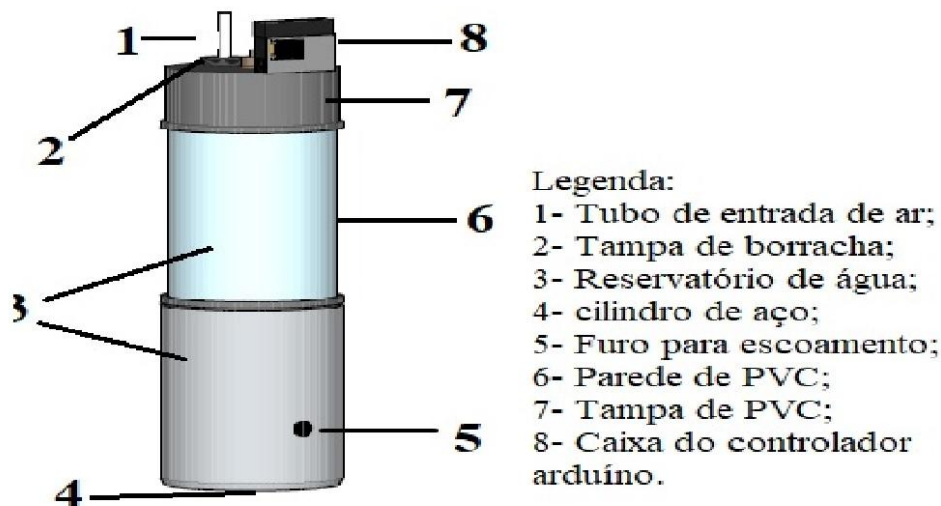


Figura 1: Adaptado de Ogden Van Es e Shindelbeck (1997)

Além do arduino e dos sensores, foram adaptados um display para facilitar a visualização dos fluxos e um dispositivo de gravação SD card para registro dos dados. O esquema de funcionamento do instrumento encontra-se na Figura 2.

Quadro 1: Características dos sensores utilizados na montagem do circuito para aprimorar o infiltrômetro tipo Cornell.

Dispositivo	Função no sistema	Operação	Características
Arduino nano 3	Controlador	7-12 V	Processador ATmega, 14 portas digitais; 8 portas analógicas; 32 KB de memória Flash; 2KB de SRAM; 1KB de EEPROM; Alimentação externa.
HC-SR04	Sonar	5V	Frequência de operação de 40 KHz; Gama máxima de 4m e mínima de 2 cm; precisão de 3 mm; Ângulo de medição de 15 graus.
DS18B20	Temperatura	3 a 5V	Do tipo NTC 10k; Faixa de medição de -20 a 105°C; Sonda de isolamento >100 MOhm
YF-S401	Vazão	5 V	Vazão de água de 0,3 - 6L; Pressão da água $\leq 0,8$ Mpa; Temperatura de operação: ≤ 80 °C; Capacidade de carga de 5V; Diâmetro do sensor de 34mm
TFT LCD/ SDcard	Display e registro	3 a 5V	Display LCD TFT 2.0; Resolução de 176x220 pixels; Interface: SPI.
GPS C3-470A	Georreferenciamento	3 a 5V	35 x 35 mm; precisão 2,5 m.; integração do módulo de GPS + antena, células de memória, RTC com interface de antena externa



Figura 2: Fluxograma com os procedimentos metodológicos do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O instrumento aprimorado é composto por um simulador portátil de chuva, formado por um reservatório construído em tubo PVC de 200mm, com capacidade para 15 litros de água, no qual está instalado o sensor de ultrassom. Tal sensor irá medir o volume de água que está sendo liberada pelo equipamento. No fundo do reservatório há um gotejador, controlado por registro, o qual deixa a água passar em quantidades determinadas, permitindo simular diferentes intensidades de chuva. Esse simulador fica fixado em cima de um cilindro de aço com saída excedente de água, cravado no solo à profundidade de 75 ou 150 mm. Acoplado à saída de água excedente do cilindro, está o sensor de fluxo d'água, que medirá toda a água que sairá, assim que o solo chegar à saturação hídrica. A velocidade de infiltração básica (L/min) é dada por: $VIB = IPS - ROF$. Onde IPS é a intensidade da precipitação simulada (L/min) e ROF é o escoamento superficial (L/min).

O GPS realizará o registro das coordenadas do local em que o teste está sendo feito, além da data e hora de coleta. Todos os dados coletados pelos sensores são enviados ao arduino, que realiza a leitura e envia para o display LCD, facilitando o acompanhamento por quem está manipulando o instrumento, gravando também em um cartão de memória para posterior acesso e tratamento dos dados.

Dentre as vantagens das adaptações realizadas no infiltrômetro tipo Cornell, estão o baixo custo de produção do aparelho, facilidade de manipulação dos resultados, a possibilidade de aferição das diferentes variáveis com o mesmo instrumento, bem como a obtenção dos resultados em tempo real, com alta precisão. Como todo equipamento desta natureza, traz a desvantagem no deslocamento e manipulação do equipamento em campo. Outra desvantagem que deve ser lembrada, é a limitação dos sensores, como por exemplo o de ultrassom, que não é a prova d'água, precisando de um cuidado maior durante a instalação e uso do instrumento.

Esta pesquisa demonstrará como resultado a importância de se adotar um sistema arduino no infiltrômetro tipo Cornell, visando o monitoramento e determinação da taxa de infiltração da água e escoamento em diferentes tipos de uso e manejo do solo.

Antes das coletas em campo, serão realizados testes para calibração do instrumento, garantindo que todos os registros estarão sendo feitos de forma correta.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Apesar de ainda serem necessárias verificações e calibração para validação de uso do instrumento, os testes de bancada indicam um potencial animador quanto ao desempenho do equipamento em campo. Com isso espera-se que esta pesquisa de aprimoramento e automação de um infiltrômetro do tipo Cornell contribua de forma positiva no aperfeiçoamento das técnicas de monitoramento ambiental nas análises de características físicas do solo. Finalizados os testes, o equipamento produzido poderá sofrer algumas adaptações para um possível registro de proteção intelectual.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CALHEIROS, C. B. M; *et al.*; **Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão.** Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 665-670, 2009.

GERTZ, EMILY & DI JUSTO, PATRICK. **Environmental Monitoring with Arduino.** Sebastopol, O'Reilly Media, Inc., 1012. 96p.

OLIVEIRA, I. J. **Solo Pobre, Terra Rica: Paisagens do Cerrado e agropecuária modernizada em Jataí, Goiás.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. **Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils.** *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 102, n. 2, p. 242254, 2009.

SANTI, A. L. **Relações Entre Indicadores de Qualidade do Solo e Produtividade das Culturas em Áreas Com Agricultura de Precisão.** 175f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria.

VAN ES, H.; SCHINDELBECK, R. **Field procedures and data analysis for the cornell sprinkle infiltrometer.** Ithaca, NY: Cornell University, Department of Crop and Soil Sciences Series R03-01, 2003. 8 p.

DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA TEMPERATURA DO DOSSEL E DA ALTURA DE PLANTAS

Igor Silva Ferreira Vilela¹; Hildeu Ferreira da Assunção¹
Autor para correspondência: igorsilvaferreira97@gmail.com

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE JATAÍ

RESUMO

O monitoramento do crescimento de plantas é um processo trabalhoso, requerendo para isso, além de mão-de-obra extra, também de ferramentas práticas e precisas. Atualmente com a popularização dos microcontroladores e sensores de baixos custos, torna-se viável o desenvolvimento de ferramentas práticas que atendem as necessidades do pesquisador. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um instrumento portátil, que toma medidas diretas (sem contato) e registra os parâmetros físicos, como temperatura e altura das plantas. O protótipo foi desenvolvido no Laboratório de Agrometeorologia Operacional da Universidade Federal de Jataí. O conjunto foi adaptado sobre um bastão telescópico (hand held), constituído por um microcontrolador arduino acoplado aos sensores e ao sistema de visualização e aquisição de dados (datalogger). Após os testes de funcionalidade, precisão e robustez, espera-se que esta ferramenta atenda aos propósitos para a qual fora concebida e também possa ser aprimorada com a inclusão de novos sensores.

PALAVRAS-CHAVE: georreferenciamento; arduino; dossel

PORTABLE DEVICE FOR INSTANT MEASUREMENTS OF CANOPY TEMPERATURE AND PLANT HEIGHT

ABSTRACT

Monitoring plant growth is a laborious process, requiring practical and accurate tools. Currently, with the popularization of microcontrollers and low-cost sensors, it is feasible to develop practical tools that meet the needs of the researcher. Therefore, the objective of this work was to develop a portable instrument, which takes direct measurements (without contact) and records the physical parameters, such as temperature and plant height. The prototype was developed in the Operational Agrometeorology Laboratory of the Federal University of Jataí. The set, assembled on a hand held stick, consists of an arduino microcontroller coupled to the sensors and to data acquisition and visualization system. After testing for functionality, accuracy and robustness, it is expected that this tool will serve the purposes for which it was designed and could also be improved with the inclusion of new sensors.

KEY-WORDS: georeferencing; arduino; canopy

INTRODUÇÃO

O monitoramento do crescimento de plantas, em campos experimentais é um processo trabalhoso, requerendo mão-de-obra extra e ferramentas práticas e precisas. Tradicionalmente, a altura da planta é medida manualmente usando uma régua graduada. Este método, além de trabalhoso e demorado, é propenso a erros durante a leitura e anotação, especialmente em condições climáticas adversas, como ventanias. Dessa

forma, métodos alternativos, mas confiáveis, para a avaliação da altura das plantas são necessários. A fitometria de campo vem ganhando notoriedade devido à sua capacidade de detectar propriedades físicas da cultura de forma não destrutiva e com resultados de alto rendimento, tais como o uso de sensores embarcados (VIRLET et al., 2017; UNDERWOOD et al., 2017; JIMENEZ-BERNI et al., 2018).

Quanto à estimativa da altura das plantas, as técnicas adotadas são derivadas de princípios básicos ou do sonar (SHARMA et al., 2016) ou do LiDAR (KLOSE et al., 2011). Tanto o sensor ultrassônico quanto à câmera LiDAR são baseadas no princípio ToF (time-of-flight) embarcados em aeronaves não tripuladas. Dentre os métodos mais comuns de estimativa de altura de plantas, atualmente, o sensor ultrassônico leva vantagem em relação à câmera LiDAR. O sensor ultrassônico é normalmente barato e fácil de usar, e tem sido muito usado na medição de altura de plantas (QIU et al., 2018; FRICKE et al., 2011; SHARMA et al., 2016). Segundo Yuan et al. (2018), este sensor perde em precisão conforme se afasta do objeto, devido ao maior campo de visão. A sensibilidade do sensor também muda conforme a temperatura, devido à dependência da velocidade do som da temperatura. Além disso, a precisão das medidas por sonar, também depende da arquitetura do dossel, como superfícies, arranjo e ângulo de inserção das folhas na planta.

Com exceção do sonar, todos os aparatos sofisticados são tecnicamente inviáveis, devido à limitação financeira e dificuldade de aquisição. Na literatura especializada são encontradas poucas referências de protótipos similares ao proposto, podendo ser na forma estacionária (MACEDO et al., 2015) ou móvel (SHARMA et al. 2016), porém com funcionalidade distintas. Por outro lado, são encontradas uma gama de sensores para variadas necessidades e aplicações para monitoramento ambiental e atmosférico (GERTZ & DI JUSTO, 2012).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um instrumento portátil, com microcontrolador arduino, para medidas da altura e da temperatura do dossel de plantas cultivadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O instrumento foi concebido na Universidade Federal de Jataí, no Laboratório de Agrometeorologia Operacional. Na fase de prototipagem, foram necessários os seguintes componentes e acessórios:

1 placa arduino nano V3.0; 2 sonares: módulos sensores ultrassônicos (mod. HC-SR04); 1 protoboard de 400 pontos; 1 módulo sensor de temperatura IR (mod. GY 906); 1 display TFT SPI 128 x160 com módulo SDcard; fios jumpers M/F; módulo GPS (V.KEL U7G5LF); 1 bastão telescópico para *selfie* (md. YT-12188); 2 suportes com presilhas adaptadoras para bastão telescópico; 1 caixa de organização e prototipagem de componentes; 1 fonte externa *Power Bank* 5v recarregável.

Os componentes foram conectados conforme a Figura 1.

Prototipagem esquemática

A programação é efetuada em linguagem nativa do Arduino, com opções de visualização instantânea e gravação da média dos dados, com localização geográfica, data e hora da amostragem.

Assim, temperatura do dossel é medida por um sensor térmico sem contato, tomada à altura do dossel. A altura do dossel é medida com dois sonares diferenciais: O primeiro sonar (h_0) tem como alvo, a superfície do solo, e o segundo sonar (h_1), o dossel das plantas. A altura do dossel (H) é calculada pela diferença entre as medidas (h_0-h_1). As informações de tempo e local são obtidas pelo sensor de sinal GPS. Todas as informações medidas são vistas em uma pequena tela LCD e posteriormente registradas em um cartão de memória sd card, em arquivo “txt”, para posterior consulta e análise. A concepção atual do protótipo é representada na Figura 2.

Nos primeiros testes, após a montagem, as medidas de altura, obtidas pelo dispositivo foram aferidas em objetos geométricos com formas variadas. Assim, foram tomadas medidas de 5 objetos geométricos e de 5 plantas isoladas, com uma trena graduada (y) e posteriormente com o aparelho (x).

Embora o sensor remoto de temperatura (mod. GY 906) já venha calibrado de fábrica, as aferições das temperaturas do ar (t_a) foram feitas em ambiente com temperatura controlada (uma sala com ar condicionado ajustado para 18, 20, 22 e 24°C e uma câmara fria, ajustada para 4°C), usando também um termômetro digital modelo DHT22 (t_r). As temperaturas dos alvos (t_o) foram tomadas sobre diferentes objetos com um termômetro de referência (mod. DS18B20).

Os dados foram então correlacionados, pelo método dos mínimos quadrados.

Concepção do protótipo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes preliminares das medidas de altura, tomadas sobre objetos com superfícies lisas, mostraram precisas em relação às medidas tomadas manualmente, com régua graduada.

As medidas tomadas em plantas isoladas de pequeno porte, mostraram-se correlacionadas, com as medidas tomadas manualmente, porém com inconsistência devido à variabilidade do arranjo e ângulos de inserção das folhas na planta (Figura 3 A).

Diagrama de dispersão de medidas com o sensor x medidas manuais

As medidas das temperaturas do alvo (objeto) e do ar ambiente (ambientes acondicionados) mostraram-se bem correlacionadas (Figura 3B) com as medidas tomadas com o sensor de infravermelho (mod. GY 906), indicando que o instrumento se mantém fiel às variações do ambiente.

Embora as medidas da altura de plantas isoladas, tomadas com sensores ultrassônicos, pareçam inconsistentes, devido à irregularidade e variabilidade da folhagem, no entanto, o instrumento se mostrou promissor, uma vez que o sensor ultrassônico tem sido usado para estimar a altura do algodão (SHARMA & RITCHIE, 2015), milho (SHARMA et al., 2016), alfafa (PITTMAN et al., 2015), trigo (YUAN et al., 2018), mirtilo selvagem (CHANG et al., 2017), leguminosa (FRICKE et al., 2011-2013), com erro quadrático médio (RMSE) variando de 0,022 a 0,072 e R^2 de 0,44 a 0,90.

Assim, para estimativas mais precisas da altura das plantas, há necessidade de um fator e correção para cada tipo de planta e arquitetura foliar, uma vez que o dispositivo ainda se encontra em estado de desenvolvimento.

Após as adaptações e programações necessárias, o dispositivo será testado quanto à sua funcionalidade, robustez e facilidade de uso no campo, procurando corrigir alguns distúrbios inerentes à arquitetura das plantas quanto a interação do ultrassom, com folhagens específicas de cada dossel.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As medidas tomadas em plantas isoladas de pequeno porte, mostram-se correlacionadas, com as medidas tomadas manualmente, porém com baixa consistência devido à variabilidade do arranjo e ângulos de inserção das folhas na planta.

As medidas das temperaturas do alvo (objeto) e do ar ambiente (ambientes acondicionados) mostram-se bem correlacionadas com as medidas tomadas com o sensor de infravermelho, indicando que o instrumento se mantém fiel às variações do ambiente.

Após os testes de funcionalidade, precisão e robustez, espera-se que esta ferramenta atenda aos propósitos para a qual fora concebida e também possa ser aprimorada com a inclusão de novos sensores.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores deste trabalho tecem agradecimento ao Programa Institucional de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIIVITI) da UFG/2018-2019.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BENINCASA, M. M. P. *Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)*. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

DI JUSTO, P.; GERTZ, E. *Atmospheric Monitoring with Arduino*. O'Reilly Media, Inc., 2013. 89p.

FRICKE, T.; RICHTER, F.; WACHENDORF, M. Assessment of forage mass from grassland swards by height measurement using an ultrasonic sensor. *Comput. Electron. Agric.* 2011, 79, 142–152.

GERTZ, EMILY & DI JUSTO, PATRICK. *Environmental Monitoring with Arduino*. Sebastopol, O'Reilly Media, Inc., 2012. 96p.

JIMENEZ-BERNI, J.A.; DEERY, D.M.; ROZAS-LARRAONDO, P.; CONDON, A.G.; REBETZKE, G.J.; JAMES, R.A.; BOVILL, W.D.; FURBANK, R.T.; SIRAUULT, X.R.R. High Throughput Determination of Plant Height, Ground Cover, and Above-Ground Biomass in Wheat with LiDAR. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 1–18.

KLOSE, R.; PENLINGTON, J.; RUCKELSHAUSEN, A. Usability of 3D time-of-flight cameras for automatic plant phenotyping. *Bornimer Agrartech. Berichte* 2011, 69, 93–105.

MACEDO, K.; NARCISO, M. G.; HEINEMANN, A. B. *Uso de sensores para a verificação do estresse hídrico da planta*. X SBIAGRO, 2015.

PITTMAN, J.J.; ARNALL, D.B.; INTERRANTE, S.M.; MOFFET, C.A.; BUTLER, T.J. Estimation of biomass and canopy height in bermudagrass, alfalfa, and wheat using ultrasonic, laser, and spectral sensors. *Sensors* 2015, 15, 2920–2943.

QIU, RUICHENG & WEI, SHUANG & ZHANG, MAN & LI, HAN & SUN, HONG & LIU, GANG & LI, MINZAN. (2018). Sensors for measuring plant phenotyping: A review. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 11. 1-17. 10.25165/j.ijabe.20181102.2696.

SHARMA, B.; RITCHIE, G.L. High-throughput phenotyping of cotton in multiple irrigation environments. *Crop Sci.* 2015, 55, 958–969.

SHARMA, LAKESH & BU, HONGGANG & FRANZEN, DAVE & DENTON, ANNE. (2016). Use of corn height measured with an acoustic sensor improves yield estimation with ground based active optical sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*. 124. 254-262.

VIRLET, N.; SABERMANESH, K.; SADEGHI-TEHRAN, P.; HAWKESFORD, M.J. FIELD SCANALYZER: An automated robotic field phenotyping platform for detailed crop monitoring. *Funct. Plant Biol.* 2017, 44, 143–153.

UNDERWOOD, J.; WENDEL, A.; SCHOFIELD, B.; MCMURRAY, L.; KIMBER, R. Efficient in-field plant phenomics for row-crops with an autonomous ground vehicle. *J. Field Robot.* 2017, 34, 1061–1083.

YUAN, W. ; LI, J.; BHATTA, M.; SHI, Y.; BAENZIGER, P.; GE, Y. Wheat Height Estimation Using LiDAR in Comparison to Ultrasonic Sensor and UAS. *Sensors* 2018, 18 (11), 3731.

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO MICROCLIMA DO SOLO

Jordana Rezende Souza Lima¹; Vilson Sousa Queiroz Junior¹; Dalila Brito de Jesus¹; Hildeu Ferreira da Assunção¹

Autor para correspondência: jojosouzalima@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí

RESUMO

Na dinâmica microclimática, o fluxo de calor no solo desempenha um importante papel, salientando a importância do monitoramento desse fluxo e sua influência no microclima. Tem crescido o número de pesquisas voltadas para o monitoramento ambiental, e especificamente, o monitoramento do fluxo de calor no solo, mas um fator limitante é o preço dos equipamentos encontrados no mercado para essa finalidade, os quais não são muito acessíveis. Diante desse fato, por meio da plataforma Arduino é possível elaborar sistemas de monitoramento do microclima do solo, em função da temperatura, umidade, e do fluxo de calor no solo, que sejam economicamente mais acessíveis. Esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo com sistema Arduino para ser utilizado no monitoramento do microclima do solo, em função da umidade, temperatura e do fluxo de calor. O abrigo foi instalado em campo, nas dependências do Campus Riachuelo, da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí, e durante três dias o dispositivo permaneceu realizando as leituras. A construção desse dispositivo traz para a Geografia uma inovação tecnológica, e aumenta a acessibilidade dos estudantes que precisam de desenvolver pesquisas relacionadas ao monitoramento do microclima do solo. Provou-se a eficiência do dispositivo, e com uma vantagem expressiva, o baixo custo, em relação aos dispositivos que têm a mesma função e estão disponíveis no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Arduino; Fluxo de calor; Monitoramento ambiental

DEVELOPMENT OF DEVICE FOR MICROCLIMA MONITORING OF SOIL

ABSTRACT

In the microclimatic dynamics, the heat flux in the soil plays an important role, emphasizing the importance of the monitoring of this flow and its influence in the microclimate. There has been an increase in the number of researches focused on environmental monitoring, and specifically, the monitoring of the heat flux in the soil, but a limiting factor is the price of equipment found in the market for this purpose, which are not very accessible. In view of this fact, through the Arduino platform it is possible to develop systems for monitoring soil microclimate, as a function of temperature, humidity, and soil heat flux, which are economically more accessible. The objective of this work was the development of a device with Arduino system to be used in the monitoring of soil microclimate, as a function of humidity, temperature and heat flux. The shelter was installed in the field, at the Riachuelo Campus, Federal University of Goiás / Jataí Regional, and for three days the device remained reading. The construction of this device brings to Geography a technological innovation, and increases the accessibility of students who need to develop research related to the monitoring of the microclimate of the soil. The efficiency of the device, and with a significant advantage, the low cost, has been proven in relation to devices having the same function and are available on the market.

KEY-WORDS: Arduino system; heat flow; Environmental monitoring

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais representam a soma das alterações da paisagem locais, ou seja, as mudanças em macroescala são uma soma das contribuições de microescala, o que torna necessário acompanhar as variações microclimáticas do solo, considerando fatores como a evaporação, evapotranspiração, cobertura viva ou morta, pavimentação, entre outros. A energia solar que chega a superfície terrestre é empregada de alguma forma, seja para aquecer o solo por condução, para a evaporação da água, circulação da atmosfera, como correntes de convecção, ou ainda é utilizada pelos organismos em processos fotoquímicos, como na assimilação da clorofila (LOPES et al, 2011).

Então, essa energia que é absorvida pela superfície terrestre, se comporta de maneira diferenciada de acordo com o sistema de cobertura, e contribui para as variações de temperatura dos corpos expostos, nesse caso trata-se especificamente do solo. Oliveira et al (2009), afirma que os valores do fluxo de calor no solo são influenciados por diversos fatores, tais como a incidência solar, tipo de solo e cobertura vegetal, e considera que solos argilosos apresentam maior condutividade térmica que solos arenosos.

Logo, na dinâmica microclimática, o fluxo de calor no solo desempenha um importante papel, salientando a importância do monitoramento desse fluxo e sua influência no microclima. Tem crescido o número de pesquisas voltadas para o monitoramento ambiental, e especificamente, o monitoramento do fluxo de calor no solo, mas um fator limitante é o preço dos equipamentos encontrados no mercado para essa finalidade, os quais não são muito acessíveis.

Diante desse fato, por meio da plataforma Arduino é possível elaborar sistemas de monitoramento do microclima do solo, em função da temperatura, umidade, e do fluxo de calor no solo, que sejam economicamente mais acessíveis. Arduino nasceu no Ivrea Interaction Design Institute como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, destinada a estudantes sem experiência em eletrônica e programação, ou qualquer pessoa que faça projetos interativos. É uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar (ARDUINO.CC, 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo com sistema Arduino para ser utilizado no monitoramento do microclima do solo, em função da umidade, temperatura e do fluxo de calor. Dispositivo esse, que seja de baixo custo, e que contribua com estudos e pesquisas relacionadas ao monitoramento ambiental, de igual forma aos existentes no mercado, e que são de alto custo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O dispositivo foi desenvolvido durante a disciplina de Técnicas de Monitoramento Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, no primeiro semestre do ano de 2017. Para a realização do projeto foram cumpridas as seguintes etapas: construção do protótipo; programação eletrônica; calibração do dispositivo e validação do dispositivo (afirmações em campo).

Os materiais utilizados para a construção do dispositivo foram: placa microcontroladora Arduino NANO 3, placa protoboard com 400 pontos, sensor YL-69 (para aferição da umidade no solo), sensor DS18B20 (para aferição da temperatura do solo), sensor infravermelho IRMLX 90614 (temperatura remota de superfície), display LCD Nokia 5110, módulo RTCDS3231 (relógio-calendário), módulo para cartão SD, cartão SD 4GB para armazenamento das leituras, conectores com jumpers (fios) para fazer as conexões, bateria de 9V, case para bateria, duas chaves on-off (uma para o display e outra para o dispositivo), resistor 4,6k, case protetora para o dispositivo.

A placa microcontroladora NANO possui as seguintes características: microcontrolador Atmel Atmega 328 (CPU); tensão mínima de alimentação de 3.3V; tensão máxima de alimentação de 20V; tensão ideal para

alimentação de 7V – 12V; 14 pinos digitais I/O, que podem fornecer ou receber apenas 40mA de corrente máxima em cada um deles; 8 pinos de entrada analógica com 10 bits de resolução; 40mA de corrente DC por pino I/O; memória flash de 16 Kb, sendo que 2 Kb são utilizados pelo bootloader; 2 Kb de memória SRAM; 1Kb de memória EEPROM; e a velocidade de clock é de 16 MHz.

O sensor de umidade de solo YL-69 possui as seguintes especificações: voltagem de Entrada: 3.3 - 5 VCD; voltagem de saída: 0 ~ 4.2 V; corrente: 35 mA; -Tensão de Alimentação VCC; GND (terra); A0 como saída analógica que mostra uma tensão proporcional à umidade (pode ser medida diretamente por uma porta analógica); D0 como saída digital (este módulo permite ajustar quando o nível lógico de saída passa de baixo para alto por meio de um potenciômetro).

O sensor de temperatura DS18B20, possui as seguintes especificações: resistente a água, tensão de alimentação de 3.0 a 5.5VDC; leitura de temperatura entre -55°C a +125°C; fio vermelho (VCC), fio branco (DATA) e fio preto (GND); tempo de atualização <750ms; precisão de ±0.5°C; resolução de 9 ou 12 bits; interface 1 fio (1 Wire); ID único de 64 bits; diâmetro de 6mm e comprimento do fio de 90cm.

O sensor de temperatura de superfície infravermelho IRMLX 90614 possui as seguintes especificações: é capaz de medir a temperaturas de -70°C até 382,2°C; resolução de 17bits (pode medir a variação de temperatura sem contato com o objeto com uma resolução de 0.0034°C); porém é um dispositivo que não funciona com a biblioteca Wire, sendo necessário uma biblioteca específica. Os sensores foram conectados a placa micro-controladora, a qual estava plugada na protoboard, de acordo com a pinagem descrita na Quadro 01, e com o esquema da Figura 01.

Quadro 1: Identificação da pinagem para conexão dos sensores na placa micro-controladora NANO.

ARDUINO NANO 3	PINAGEM DISPOSITIVOS/SENSORES						BATERIA
	Display Nokia5110	RTC DS3231	SD CARD	DS18B20	YL69	MLX90614	
5V		VCC			VCC		
3.3V	VCC/BL		VCC				
VIN							(+)
GND	D8	GND	GND	D3	GND		(-)
RST	RST						
D2	DC					GND	
D3							
D4			CS			VIN	
D5							
D8	CLK						
D9	DN						
D10	CE						
D11			MOSI				
D12			MISO				

ARDUINO NANO 3	PINAGEM DISPOSITIVOS/SENSORES						BATERIA
	Display Nokia5110	RTC DS3231	SD CARD	DS18B20	YL69	MLX90614	
D13			SCK				
A0					A0		
A4		SDA				SDA	
A5		SCL				SCL	

Organização: Do autor, 2017.

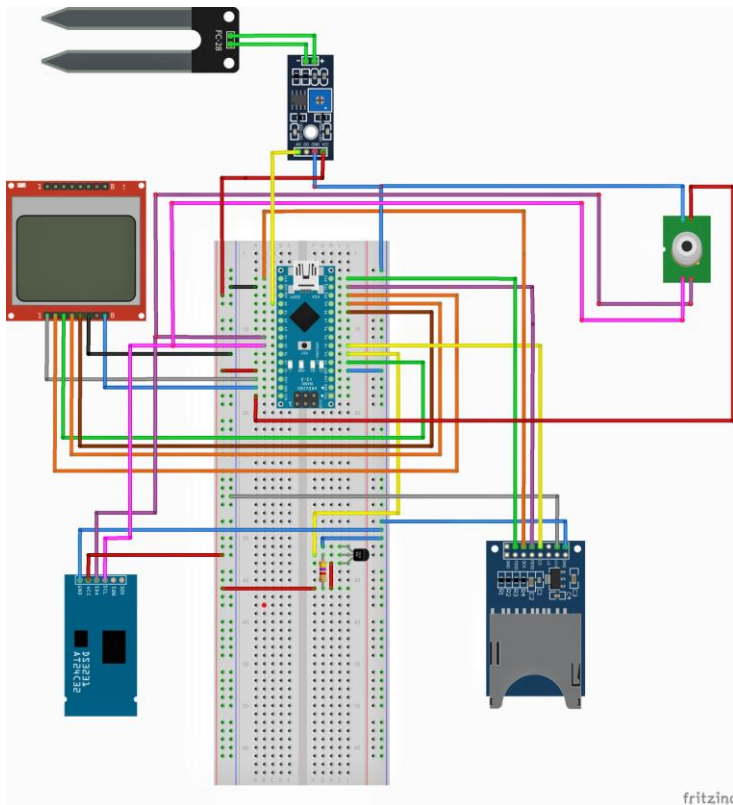


Figura 01: Esquema representativo da pinagem para conexão dos sensores na placa micro-controladora NANO

A programação do dispositivo (Quadro 02) foi realizada no software do Arduino disponível para download no próprio site. A frequência amostral é de um minuto, e a taxa de gravação é a cada trinta minutos. As variáveis medidas foram: temperatura de superfície do solo, temperatura interna do solo, umidade do solo, e temperatura e umidade do ar.

Quadro 2: Programação do dispositivo para monitoramento do microclima do solo.

```

/* INSTRUÇÕES PARA MONITORAMENTO HIGRO-TERMICO SOLO: TEMP INT, UMID, TEMP SUP, FLUXO DE CALOR -
MonitoramentoSolo V.2 ADAPTAÇÃO: PROF. DR. HILDEU FERREIRA DA ASSUNÇÃO - UAEEGEO/REJ/UFG - JUN 2017 EQUIPE:
DALILA, JORDANA, VILSON DISCIPLINA: METODOS E TECNICAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL - PPGGEO/DOCTORADO */
#include <OneWire.h> //biblioteca sensor temperatura de solo generica #include <DallasTemperature.h> //biblioteca sensor
temperatura de solo especifica #include <Sodaq_DS3231.h> //biblioteca do RTC.DS3231 #include <Wire.h> //biblioteca generica
para controle do RTC #include <Adafruit_MLX90614.h> //biblioteca do sensor remoto MLX90614 #include <SPI.h> //biblioteca
da Interface do protocolo serial #include <SD.h> //biblioteca do Sd card #include <LCD5110_Basic.h> //biblioteca basica do LCD -
nao grafica // Data wire is plugged into port 3 on the Arduino #define TS_PIN 3 //Sensor de temperatura de solo ao Pino 3

```

```

#define US_PIN A0 //Pino ligado ao sensor de umidade do solo YL-69 #define CS_PIN 4 //pino 4 ligado ao ChipSelect // Setup a
oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just Maxim/Dallas temperature ICs) OneWire
oneWire(TS_PIN); DallasTemperature sensors(&oneWire); //String Campos = "AAAA/MM/DD HH:MM:SS TI(oC) TS(oC)
US(%)"; //Configura o cabeçalho de saída na tela e no SD card char FileName[] = "datalog.txt"; //arquivo de saída para SD card int
interval = 30; //tempo amostral (30 minutos) com frequencia de 60 segundos int contador = 1; //contador para controlar o
periodo de aquisicao de dados bool cardOk; //acusa SD card float TSn; //Temperatura minima do solo a 2.5 cm float TSx;
//Temperatura maxima do solo a 2.5 cm float USn; //Umidade minima do solo float USx; //Umidade maxima do solo float TRn;
//Temperatura minima da superficie do solo float TRx; //Temperatura maxima da superficie do solo float TAn; //Temperatura
minima do ar float TAx; //Temperatura maxima do ar Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614(); //cria o objeto chamado
mlx manipular as propriedades do sensor MLX90614 LCD5110 TelaLCD(8, 9, 2, 28, 10); // (SCK, DIN, DC(vilson 2), RST, CS) cria o
objeto chamado TelaLCD a partir de LCD5110 extern uint8_t SmallFont[]; void setup() { // put your setup code here, to run
once: Serial.begin(9600); mlx.begin(); TelaLCD.InitLCD(40); // vilson 60 TelaLCD.setFont(SmallFont);
TelaLCD.print("Checando...", LEFT, 0); pinMode(US_PIN, INPUT); //Coloca do pino A0 como entrada analogica (0 - umido a 1024
- seco) sensors.begin(); Wire.begin(); //if (! rtc.begin()) //{ rtc.begin(); rtc.setDateTime (DateTime(__DATE__, __TIME__));
//} if (!SD.begin(CS_PIN)) { Serial.println(F("Falha: SD Card ausente")); TelaLCD.print("SDcard ausente!", LEFT, 16);
cardOk = false; } else { cardOk = true; //acusa presenca do SDcard } if (!SD.exists(FileName)) { File dataFile =
SD.open(FileName, FILE_WRITE); if (dataFile) { dataFile.println(F("DD/MM/AAAA HH:MM:SS TI(oC) TS(oC) TSn(oC) TSx(oC)
US(%) USn(%) USx(%) TR(oC) TRn(oC) TRx(oC) TA(oC) TAn(oC) TAx(oC) FC(W.m²)")); //cabeçalho de saída dos campos de dados
dataFile.close(); Serial.println(F("gravando...")); TelaLCD.clrScr(); TelaLCD.print("gravando...", LEFT, 20); } }
Serial.println(F("DD/MM/AAAA HH:MM:SS TI(oC) TS(oC) US(%) TR(oC) TA(oC) FC(W/m²)")); //cabeçalho de saída dos campos de
dados } void loop() { // put your main code here, to run repeatedly: char Hora[8]; char Data[10]; int SU =
analogRead(US_PIN); //Leitura analogica do sinal da umidade do solo float US = umidade(SU); //chama a funcao que converte o
sinal de umidade em teor de umidade do solo sensors.requestTemperatures(); //Faz a leitura da temperatura do solo no sensor
DS18B20 float TS = sensors.getTempCByIndex(0); //atribui a temperaura do solo a variavel TS float TA =
mlx.readAmbientTempC(); //Temperatura do ambiente (ar) sensor MLX90610 float TR = mlx.readObjectTempC(); //
Temperatura do objeto (solo) sensor MLX90610 float FC = fluxo(TR, TS); //calcula o fluxo de calor do solo if (contador == 1) {
TSn = TS; TSx = TS; USn = US; USx = US; TRn = TR; TRx = TR; TAn = TA; TAx = TA; } else { if (TS > TSx) { TSx =
TS; //determina a temperatura maxima } if (TS < TSn) { TSn = TS; //determina a temperaura minima } if (US > USx) {
USx = US; //determina a US maxima } if (US < USn) { USn = US; //determina a UR minima } if (TR > TRx) { TRx =
TR; //determina a temperatura de superficie maxima } if (TR < TRn) { TRn = TR; //determina a temperaura de superficie
minima } if (TA > TAx) { TAx = TA; //determina a temperatura maxima do ar } if (TA < TAn) { TAn = TA; //determina
a temperaura minima do ar } } DateTime now = rtc.now(); //get the current date-time float TI = rtc.getTemperature();
//atribui a temperatura interna RTC a variavel Ti sprintf(Data, "%02d/%02d/%04d", now.date(), now.month(), now.year());
//configura o fortmato de saída da data sprintf(Hora, "%02d:%02d:%02d", now.hour(), now.minute(),
now.second()); //configura o fortmato de saída da hora Serial.print(Data); Serial.print(" "); Serial.print(Hora); Serial.print(" ");
Serial.print(TI, 2); Serial.print(" "); Serial.print(TS, 2); Serial.print(" "); Serial.print(SU, 2); Serial.print(" "); //Sinal analogico da
umidade do solo Serial.print(TR, 2); Serial.print(" "); Serial.print(TA, 2); Serial.print(" "); Serial.print(FC, 2); Serial.println("");
TelaLCD.clrScr(); TelaLCD.setFont(SmallFont); // TelaLCD.drawRoundRect(0, 0, 83, 47); TelaLCD.print(Data, CENTER, 5);
TelaLCD.print(Hora, CENTER, 18); //TelaLCD.update(); delay(30000); //espera 60 segundos contador++; if (contador ==
interval && cardOk == true) //30 minutos { File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE); // if the file is available,
write to it: if (dataFile) { dataFile.print(Data); dataFile.print(" "); dataFile.print(Hora); dataFile.print(" ");
dataFile.print(TS, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(TSn, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(TSx, 2); dataFile.print(" ");
dataFile.print(US, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(USn, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(USx, 2); dataFile.print("
"); dataFile.print(TR, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(TRn, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(TRx, 2);
dataFile.print(" "); dataFile.print(TA, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(TAn, 2); dataFile.print(" "); dataFile.print(TAx,
2); dataFile.print(" "); dataFile.print(FC, 2); dataFile.println(""); dataFile.close(); // print to the serial port too: } // if
the file isn't open, pop up an error: else { Serial.println(F("Falha: SD card ausente")); TelaLCD.clrScr(); //
TelaLCD.print("SD card ausente", LEFT, 5); } contador = 1; } TelaLCD.clrScr(); // TelaLCD.drawRoundRect(0, 0, 43, 23);
TelaLCD.print("T_sup", LEFT, 3); TelaLCD.printNumF(TR, 1, 0, 15, ',', 4, 0); //Temperatura sensor MLX90614 - TR
TelaLCD.print("oC", 26, 15); //TelaLCD.drawRoundRect(45, 0, 83, 23); TelaLCD.print("T_inf", RIGHT, 3);
TelaLCD.printNumF(TS, 1, 48, 15, ',', 2, 0); //Temperatura sensor DS18B20 - TS TelaLCD.print("oC", RIGHT, 15); //
TelaLCD.drawRoundRect(0, 25, 83, 47); // Retangulo umidade TelaLCD.print("UMIDADE:", LEFT, 23); TelaLCD.printNumI(US, 50,
23); //Umidade estimada pelo sensor YL-69 - US TelaLCD.print("%", 70, 23); //TelaLCD.update(); TelaLCD.print("FLUXO:", LEFT,
32); TelaLCD.printNumF(FC, 1, 50, 32); //fluxo de calor estimado para sensores MLX90614 - TR e DS18B20 - TS

```

```
TelaLCD.print("W/m²", 75, 32); delay(30000); //espera 60 segundos } float umidade(int X) //funcao que calcula a umidade do
solo { //y = exp(-A*x) float tu = 0.0; float a = 0.00323; //float b = 2.71; tu = 100*exp(-a*X); return tu; } float fluxo(float Tsup,
float Tinf) // funcao que calcula o fluxo de calor no solo { const float e = 0.95; //poder emissivo do solo saturado (0.92 solo seco)
const float csb = 5.6704E-8; //constante de Stefan-Boltzman W/(m.K²)² const float k = 273.15; //base da temperatura absoluta
float hf = 0.0; hf = e*csb * (pow(Tsup + k, 4) - pow(Tinf + k, 4)); // fluxo de calor no solo return hf; }
```

Organização: Do autor, 2017.

Para averiguar o funcionamento do dispositivo, foi necessário realizar a calibração do mesmo em laboratório antes de leva-lo a campo. O método gravimétrico é o mais utilizado para determinar a umidade do solo. Esse método consiste em amostrar o solo e, por meio de pesagens, determinar a sua umidade gravimétrica, relacionando a massa de água com a massa de sólidos da amostra ou a umidade volumétrica, relacionando o volume de água contido na amostra e o seu volume. O método gravimétrico possui a desvantagem de necessitar de 24 horas ou mais para obter o resultado. Contudo, dos métodos indiretos, é o método-padrão utilizado para calibração (KAWA, 2014).

O teste de funcionamento do sensor de umidade, foi realizado utilizando amostras de solo indeformadas em cilindros de metal conforme Tabela 01, coletadas na UFG/Campus Riachuelo (Figura 02). Esse teste serviu para identificar a função matemática correspondente ao cálculo de umidade no solo, a qual foi inserida na programação do dispositivo. Em amostras indeformadas, idealmente, o arranjo dos sólidos é igual ao no campo e a amostra ocupa, portanto, o mesmo volume que ocupava no campo, e servem para a determinação de praticamente todos os parâmetros da caracterização da composição física de um solo (JONG VAN LIER, 2017).



Coleta de amostras de solo no Campus Riachuelo para realizar a calibração do dispositivo.

Figura 2: Coleta de amostras de solo no Campus Riachuelo para realizar a calibração do dispositivo, UFG, Jataí (GO).

O volume de cada cilindro foi calculado através da fórmula:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Sendo que:

V= volume

$\pi = 3,14$

r = raio

h = altura

Tabela 1: Dados descritivos dos cilindros vazios utilizados para coleta de amostra de solos.

MEDIDAS	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CLILINDRO 3	CILINDRO 4
Diâmetro (cm)	7,3	7,4	7,2	7,5
Altura (cm)	5,5	5,6	5,6	5,4
Raio (cm)	3,65	3,7	3,6	3,6
Peso (g)	220	222	220	208
Volume (mL)	230,2	240,9	228,0	219,9

Organização: LIMA; Do autor, 2017.

Utilizou-se balança de precisão para pesar os cilindros e as amostras de solo, com capacidade de até 3,5 quilogramas, seguindo a metodologia apresentada pelo professor Quirijn de Jong van Lier, do Laboratório de Engenharia de Biosistemas, da ESALQ/USP.

As amostras foram deixadas em estufa para secar à temperatura de 105°C por um período de 24 horas. Após esse período de secagem as amostras de solo seco foram pesadas, e em seguida saturadas por meio da capilaridade, e pesada novamente. A capilaridade consiste nas forças de atração entre as moléculas de água e sólidos, e dessa forma ocorrem os fenômenos de ascensão capilar e retenção de água no solo (JONG VAN LIER, 2017). Para calcular a massa de solo e a quantidade de água necessária para saturar essas amostras, subtraiu-se do peso das amostras saturadas, o peso das amostras secas. A diferença, subtraindo ainda o peso da placa de petri (34g) e do cilindro vazio, é a quantidade de água em mililitros (mL) necessária para saturação da massa de solo amostrada no cilindro. Obtendo-se a quantidade de água para saturação das amostras (US100%), calculou-se a quantidade de água necessária para saturação a 25%, 50% e 75% do volume total de água (Tabela 2).

Foram realizadas leituras com o sensor de umidade (YL-69) durante um minuto no solo seco em ponto de murcha (US0%), e depois as amostras foram umedecidas primeiramente a 25% e em seguida repetiu-se o processo com 50% de umidade, 75 % e novamente saturadas (100%).

Tabela 2: Pesagem das amostras de solos secas e saturadas.

MEDIDAS	CILINDRO 1 (C1)	CILINDRO 2 (C2)	CLILINDRO 3 (C3)	CILINDRO 4 (C4)
Secas (g)	142	150	142	146
Saturadas (g)	228	251	231	226
US100% (ml)	134	123	131	116
US75% (ml)	101	92	98	87

US50% (ml)	67	61	65	58
US25% (ml)	34	31	32	29

Analisando as leituras realizadas pelo sensor de umidade, utilizando o software Excel, das quatro amostras, a que mais se aproximou do resultado esperado foi a amostra do cilindro 01 (C1). Conforme Jong van Lier (2017) adotou-se os parâmetros de 0 a 1024 para umidade do solo, sendo 0 para solo saturado de umidade, e 1024 para solo totalmente seco. Gerou-se o gráfico que demonstra a relação de umidade nesses níveis supracitados, apenas da amostra C1, a qual mais se aproximou do resultado esperado (Figura).

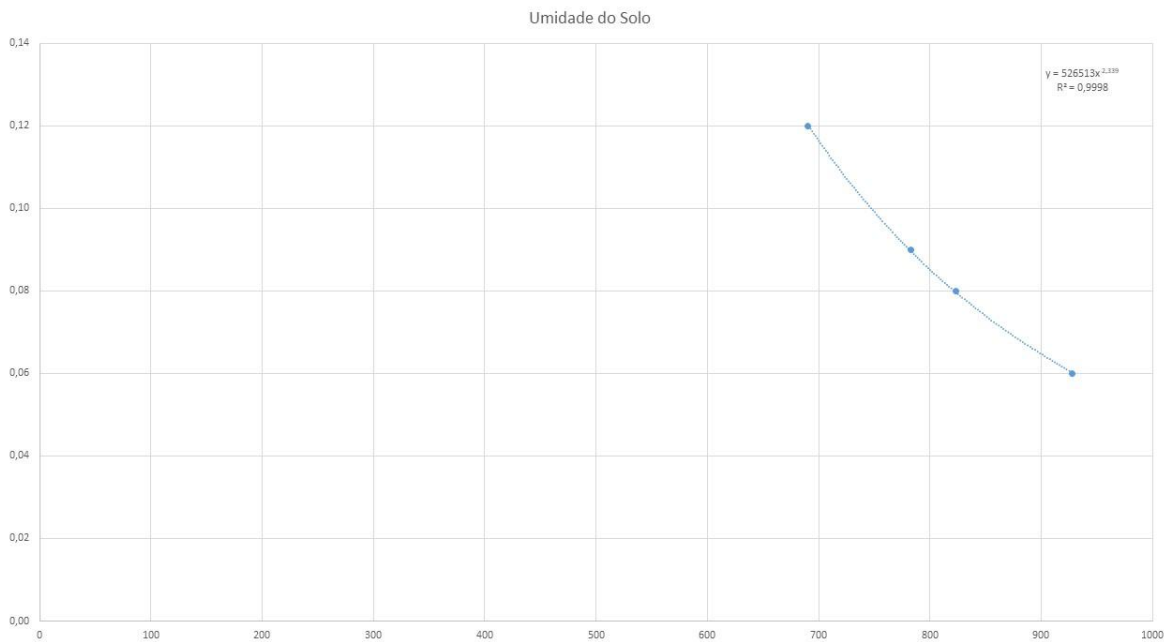


Figura 03: Leitura analógica da variável umidade do solo.

Definiu-se os seguintes campos para a gravação no SD card: TI/TS=temperatura interna do solo aferida pelo sensor DS18B20; TSn=Temperatura mínima do solo a 2.5 cm; TSx=Temperatura máxima do solo a 2.5 cm; USn=Umidade mínima do solo; US=umidade do solo, sinal de umidade convertido em teor de umidade do solo; USx=Umidade máxima do solo; TR= Temperatura do solo aferida pelo sensor MLX90614; TRn=Temperatura mínima da superfície do solo; TRx=Temperatura máxima da superfície do solo; TA=Temperatura do ambiente (ar); TAn=Temperatura mínima do ar; TAx=Temperatura máxima do ar; FC=fluxo de calor do solo (TR, TS).

Então, com o protótipo realizando as leituras amostrais corretamente, seguiu-se para a fase de validação do mesmo em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O abrigo foi instalado em campo, nas dependências do Campus Riachuelo, da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí, e durante três dias o dispositivo permaneceu realizando as leituras. A instalação em campo foi realizada no dia 01 de agosto de 2017, as 17:00h e retirada no dia 03 de agosto de 2017 as 17:00h. Um abrigo foi construído para a instalação do dispositivo em campo, com a finalidade de suporte, e proteção do mesmo (Figura 04).



Figura 04: Protótipo em abrigo instalado em campo, Campus Riachuelo, UFG/Regional Jataí.

No dia seguinte da instalação do dispositivo em campo, realizou-se a saturação do solo com água para que fossem retiradas amostras de solo indeformadas em diferentes períodos para aferir a umidade do solo por meio da pesagem da massa de solo e das leituras realizadas pelos sensores do dispositivo. Utilizando os mesmos cilindros metálicos usados para calibração do dispositivo, em um intervalo aproximado de 4 a 5 horas, três amostras foram retiradas no dia 02/08 e a última amostra foi retirada no dia seguinte pela manhã. Todas as amostras foram pesadas no momento da coleta para acompanhar a perda de umidade no solo. A quantidade de umidade corresponde a diferença de peso entre as amostras, tendo em vista 1 mL de água pesa 1g (Tabela 03, Figura 05).

Tabela 03: Dados descritivos das amostras de solos coletadas.

MEDIDAS	CILINDRO 1 (C1)	CILINDRO 2 (C2)	CILINDRO 3 (C3)	CILINDRO 4 (C4)
Amostras	609,74	602,68	600,37	544,56
Placa de Petri (g)	34	34	34	34
Peso do cilindro (g)	220	222	220	208
Massa de solo (g)	355,74	346,68	346,37	302,56
Hora da coleta	9:00	13:00	18:00	9:00
Perda de água (ml)	-	9,06	9,37	53,18

Comparando a pesagem das amostras com a leitura aferida do dispositivo observou-se que os resultados compuseram a mesma linha de tendência da calibração, ou seja, o dispositivo realizou corretamente as aferições (Tabela 04; Figura 05).

Tabela 04: Dados descritivos das amostras de solos coletadas.

AMOSTRA	US (mL/g solo)	FC (W/m ²)	MS (g);	Saturação (ml)
C1	0.06	928	355,74	134
C2	0.12	690	346,68	125
C3	0.09	783	346,37	116
C4	0.08	823	302,56	62

Calculou-se os valores mínimos, máximos e médios da temperatura interna no solo, temperatura de superfície do solo e umidade do solo para o período da coleta. Pelas aferições nota-se uma grande amplitude térmica, alcançando 10°C, o que pode ser relacionada a estação, o inverno, na qual as temperaturas mais baixas ocorrem no período noturno e as altas temperaturas no período diurno, entre 12:00 as 15:00 (Tabela 05).

Tabela 05: Temperatura interna e de superfície, e umidade do solo: valores mínimos, máximos e médios, aferidos em campo.

	Temperatura interna do solo			Temperatura da superfície do solo			Temperatura ambiente (ar)			Umidade do Solo	
	T (oC)	Tmin	Tmax	T (oC)	Tmin	Tmax	T (oC)	Tmin	Tmax	FC	US
Mínimo	15,4	15,4	15,4	11,7	11,6	12,0	13,6	13,0	14,0	600,0	0,06
Máximo	28,0	27,9	28,1	48,3	46,2	49,5	37,2	34,7	38,7	943,0	0,17
Média	20,2	20,0	20,4	24,3	23,0	25,3	23,0	22,0	24,0	830,7	0,08

O fluxo de calor no solo varia nos diferentes períodos do dia, durante o período diurno o solo absorve bastante calor, atingindo uma temperatura superficial de 48°C (tornando o fluxo positivo, indicando entrada de calor no solo), e durante o período noturno o solo perde calor, chegando a 11,7°C (indicando um fluxo de saída de calor do solo) (Figura 05).

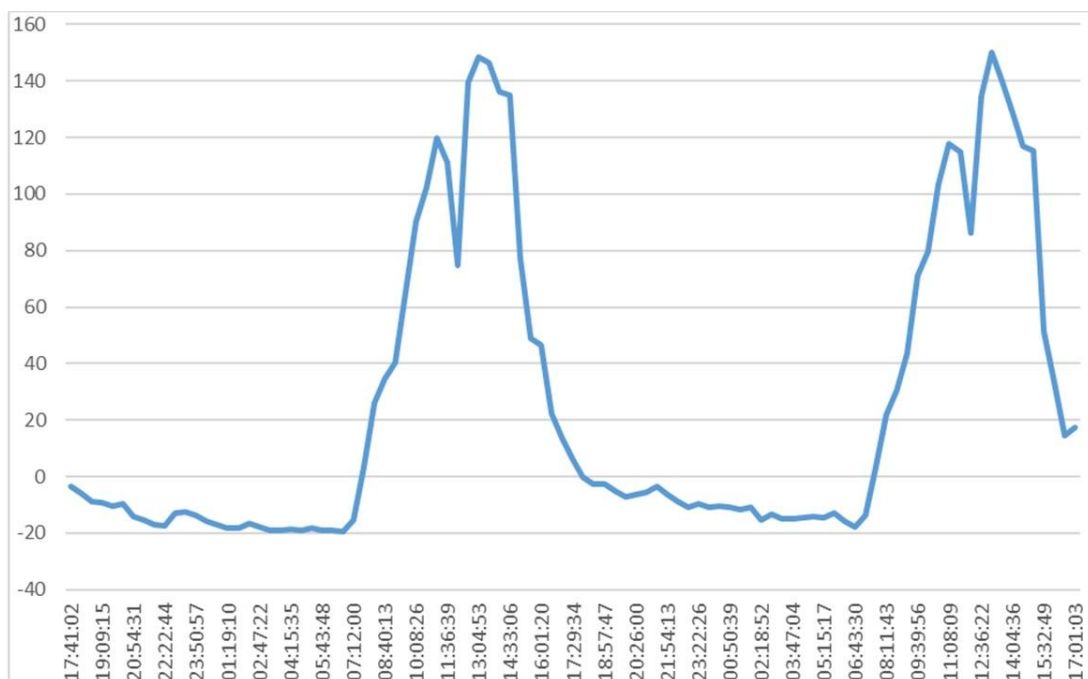


Figura 06: Fluxo de calor no solo aferida pelo dispositivo em campo.

As altas temperaturas da superfície do solo, detectadas pelo sensor infravermelho, se justifica pontualmente pela ausência de cobertura vegetal, já que o dispositivo foi instalado propositalmente em uma área de solo exposto, o que justifica também a rápida perda de umidade registrada no período de coleta de dados.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A construção desse dispositivo traz para a Geografia uma inovação tecnológica, e aumenta a acessibilidade dos estudantes que precisam de desenvolver pesquisas relacionadas ao monitoramento do microclima do solo. Provou-se a eficiência do dispositivo, e com uma vantagem expressiva, o baixo custo, em relação aos dispositivos que têm a mesma função e estão disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARDUÍNO. **Website**. Disponível em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 05 jun. 2017.

ASSUNÇÃO, Hildeu Ferreira da. **Climatologia**. Jataí (GO): UFG, 2000. 152p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.

BITAR, O.Y; ORTEGA, R.D. Gestão Ambiental. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 32, p.499-508.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 9.433 de 8 de janeiro 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em 13 jun. 2017.

BUSKE, Taise Cristine. **Comportamento da umidade do solo determinada por métodos expeditos**. Santa Maria (RS): UFSM, 2013. 67f. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2013.

EUSTÁQUIO, J. F. L. de I. et al. Construção e desenvolvimento de um sensor de umidade de solos utilizando Arduino. **Anais...** Mostra Nacional de Robótica (MNR). 2012.

GERTZ, Emily; JUSTO, Patrick Di. **Environmental monitoring with Arduino**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.

JONG VAN LIER, Quirijn de. **Cálculo de alguns parâmetros físicos do solo**. ESALQ: LEB. Disponível em:

<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce200/Calculo_de_alguns_parametros_fisicos_do_solo.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2017.

KAWA, Luciana. **Umidade do solo**, Blog Química, meio ambiente e edificações. Disponível em: <<http://professoralucianekawa.blogspot.com.br/2014/08/umidade-do-solo.html>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

LOPES, Hélio Leandro; TEIXEIRA, Antônio Heriberto de Castro; ACCIOLY, Luciano José de Oliveira; SOBRAL, Maria do Carmo; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima. Relações do fluxo de calor no solo com o uso e cobertura das terras na bacia hidrográfica do salitre, sertão da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: INPE, 2011. p.5785-5792. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0659.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MACHADO, P.A.L. **Direito ambiental brasileiro**. 5ª ed. São Paulo: Malheiros Editores, 1995. 696p.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2. ed. London: Edward Arnold, 1990. 291 p

OLIVEIRA, T.H.; GALVÍNCIO, J.D.; ARAÚJO, M.S.B.; PIMENTEL, Mendonça, R. M.; SILVA, B.B. Avaliação do fluxo de calor no solo, temperatura da superfície e albedo na bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE através de imagens TM - Landsat-5. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais eletrônicos...** Viçosa: UFV, 2009. p. 69-89. Disponível em: <http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/092.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A.; MEYER, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 3, p. 01-04, 1995.

RAMOS, N. P.; LUCHIARI JUNIOR, A. Árvore do conhecimento: monitoramento ambiental. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html>. Acesso em: 01 jun. 2017.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495p.

TEXEIRA, A. C. et al. Monitoramento de variáveis ambientais por meio de um sistema autônomo baseado na plataforma arduino. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2016. Disponível em: <seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/download/17802/6630>. Acesso em: 01 jun. 2017.

CONTROLE AUTOMATIZADO DA RADIAÇÃO SOLAR BASEADO NA ECOFISIOLOGIA DE MINIESTACAS DE EUCALIPTOS

Elias José Pedroso¹; Aristides Ribeiro²; Robert Louis Pazzeto Barbosa³; Mariana Gonçalves dos Reis⁴
Autor para correspondência: elias.pedroso@ufv.br

¹Universidade Federal de Viçosa; ²Universidade Federal de Viçosa; ³Universidade Federal de Viçosa; ⁴Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

A radiação solar em excesso pode limitar o enraizamento de miniestacas de eucaliptos. Neste trabalho, nosso objetivo foi automatizar o sistema de controle das malhas de atenuação da radiação solar em uma casa de vegetação baseado na ecofisiologia das miniestacas de eucaliptos. Foi realizado um experimento prévio para determinar o efeito da radiação solar no enraizamento em 4 níveis (T0%, T35%, T50%, T80%), obtidos por meio de malhas de atenuação e foram medidas curvas de repostas a luz. A automação das malhas de atenuação permitiu ajustar a radiação solar para picos próximos de $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, abaixo do ponto de saturação e acima do ponto de compensação de luz de acordo com as demandas necessários para o enraizamento das miniestacas.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças de Eucalyptus1; Casas de vegetação; estacas

AUTOMATED SOLAR RADIATION CONTROL BASED ON ECHOPYSIOLOGY OF EUCALYPTUS MINI CUTTINGS

ABSTRACT

Excess solar radiation may limit the rooting of eucalyptus minicuttings. In this work, our objective was to automate the control system of meshes of attenuation of solar radiation in a greenhouse based on the eucalyptus minicuttings ecophysiology. A previous experiment was carried out to determine the effect of solar radiation on rooting at 4 levels (T0%, T35%, T50%, T80%) obtained by means of attenuation meshes. The automation of the attenuation meshes allowed to adjust the solar radiation for peaks close to $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, below the saturation point and above the light compensation point according to the demands required for the rooting of the minicuttings.

KEY-WORDS: Eucalyptus seedlings; greenhouse; cuttings

INTRODUÇÃO

O enraizamento de miniestacas de eucalipto em casa de vegetação é uma das fases mais sensíveis do processo de produção de mudas devido a fragilidade destes propágulos vegetativo e a influência dos fatores meteorológicos em especial a radiação solar e a temperatura do ar. O excesso de radiação solar diminui o enraizamento das miniestacas de eucalipto por influenciar a concentração de hormônios como as auxinas e carboidratos que são diretamente relacionados a formação de raízes adventícias em miniestacas de eucaliptos (FETT-NETO et al. 2001, CORREA & FETT-NETO, 2004, RUEDELL et al. 2013).

O excesso de fótons no aparato fotossintético aumenta a produção de adenosina trifosfato (ATP) na cadeia transportadora de elétrons, e promove a produção de compostos reativos de oxigênio que danifica as proteínas do fotossistema II, além de aumentar a fotorrespiração e como consequência reduz os ganhos de matéria seca (TAIZ & ZAIGER, 2013). Um dos efeitos do excesso da radiação solar em casa de vegetação é o aumento da produção de flavonóides como as antocianinas, que serve para abrandar o efeito nocivo da radiação solar (Pedroso, 2016, TATTINI et al. 2014).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi automatizar o sistema de controle das malhas de atenuação da radiação solar em uma casa de vegetação baseado na ecofisiologia de miniestacas de eucaliptos para otimizar o uso da radiação solar em casa de vegetação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em princípio, observou-se o efeito da radiação solar na etapa de enraizamento de miniestacas de eucalipto submetidas a 4 níveis de radiação solar dentro das casas de vegetação: (T0% = enraizamento sem uso de malhas, T35%= enraizamento com malhas que bloqueiam 35% da radiação solar, T50%= enraizamento com malhas que bloqueiam 50% da radiação solar, T80% = enraizamento com malhas que bloqueiam 80% da radiação solar).

Foram realizadas medidas de porcentagem de enraizamento assim como a determinação indireta da produção de pigmento antocianinas, determinadas pela cor vermelha nas folhas medidas com o uso de um colorímetro. As curvas de resposta à luz foram construídas em concentrações de CO₂ ambiente (380 μmol mol⁻¹). Os valores de fotossíntese (A) foram registrados em valores de densidade do fluxo de fótons (PPFD) de 2300, 2000, 1700, 1400, 1200, 800, 400, 200, 100, 50, 25 e 0 μmol m⁻² s⁻¹. Foram determinados a fotossíntese saturada por luz (A_{max}), ponto de compensação por luz (PCL) e inclinação da curva na fase linear conhecida como eficiência quântica (α), μmol CO₂ μmol⁻¹ PPF⁻¹.

Os elementos do sistema automatizado consiste de um piranômetro que mede a radiação solar global (CMP3, Campbell Scientific, Inc) e envia um sinal elétrico para um datalogger CR1000 (Campbell Scientific) que aciona o motor que recolhe as malhas mediante o seguinte critério: Quando a radiação é menor que 200 W m⁻² (400 μmol m⁻² s⁻¹) o dossel vegetativo das miniestacas fica sem a cobertura do Aluminet. Quando a radiação estiver entre 400 e 800 W m⁻² (800 - 1600 μmol m⁻² s⁻¹) motor aciona e estende um Aluminet que bloqueia 50% da radiação solar; Quando a radiação estiver entre 800 a 1000 W m⁻² (1600 - 2000 μmol m⁻² s⁻¹) o motor aciona e estende um Aluminet que bloqueia 80 % da radiação solar e quando a radiação é maior que 1000 W m⁻² (2000 μmol m⁻² s⁻¹) o motor aciona e estende um Aluminet que bloqueia 80 % e 50% da radiação solar (Figura 1).

Figura 1: Projeto 3D da casa de vegetação com malhas de atenuação automatizadas. Viçosa, MG, Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de enraizamento foi de 26(±7.7), 34 (±8.2), 36(±10.2) e 74%(±10.5) nos tratamentos T0%, T35%, T50%, T80%, onde os picos de PPFD de 200 μmol m⁻² s⁻¹ proporcionaram melhor enraizamento (T80%). Os tratamentos expostos a maior radiação solar apresentaram maior teor de antocianina nas folhas demonstrados pelo maior valor do parâmetro a* do colorímetro com médias de -2,0; -5,34; -5,14 e -6,98 demonstrando que os tratamentos mais exposto a radiação solar apresentaram maior teor de antocianina (Figura 2). O maior teor de antocianina demonstra que as plantas utilizam estes mecanismos para atenuar os efeitos nocivos da alta irradiância e diminuir o estresse causados pelo excesso de fótons (Pedroso, 2016, TATTINI et al. 2014). A curva de luz realizada 30 dias após o estaqueamento demonstrou que em todos os

tratamentos a fotossíntese se estabiliza por volta de $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 3) e o PCL em média é de $24,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ enquanto a eficiência quântica foi em média 0,069 e a fotossíntese máxima média foi de $11,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 1).

O dimensionamento da casa de vegetação automatizada permitiu regular a PPFD de acordo com níveis observados no melhor tratamento (T80%), ou seja, com picos máximos em torno de $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, abaixo do ponto de saturação ($500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e acima do PCL $24,6 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ (Figura 4). As miniestacas de eucaliptos são sensíveis ao excesso de radiação solar que influencia a concentração de hormônios como as auxinas e carboidratos que são diretamente relacionados a formação de raízes adventícias em miniestacas de eucalipto (FETT-NETO et al. 2001, CORREA & FETT-NETO, 2004, RUEDELL et al. 2013).

O ambiente automatizado permite regular até 4 combinações de atenuação da radiação solar de acordo com a demanda necessária para os diferentes materiais, fase de crescimento, horários do dia e estações do ano.

Figura 2: Números em brancos nas imagens refere-se ao parâmetro a^* do colorímetro. Os valores de a^* com coloração variando do verde ($-a^*$) até vermelha ($+a^*$). Os números em preto refere-se a porcentagem de enraizamento nos tratamentos T0%, T35%, T50% e T80%. Com picos de PPFD de 1200, 600, 400, $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ Viçosa, MG, Brasil.

Figura 3: Curva de luz nos tratamentos T0%, T35%, T50% e T80% Viçosa, MG, Brasil.

Tabela 1: Tabela com parâmetros das curvas de luz.

Floresta	Amax	PCL	k	R ²	Efic.Quântica	1/α
T0%	12.51	37.89	0.0042	1.00	0.062	16.05
T35%	12.52	14.48	0.0054	1.00	0.073	13.62
T50%	9.67	28.89	0.0067	1.00	0.078	12.76
T80%	10.85	17.28	0.0053	1.00	0.063	15.90

Figura 4: PPFD ajustado para pico de $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em casa de vegetação automatizada (CV auto.) e na casa de vegetação convencional (CV cov).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As variáveis ecofisiológicas podem servir de parâmetro para o ajuste do ambiente de enraizamento das miniestacas de eucalipto. A automação das malhas de atenuação permitiu ajustar a radiação solar para picos próximos de $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, abaixo do ponto de saturação e acima do PCL de acordo com as demandas necessários para o enraizamento das miniestacas, verificadas em experimento prévio. Além disso, o sistema automatizado permite regular até 4 combinações de atenuação da radiação solar de acordo com a demanda necessária para os diferentes materiais genéticos, fases do crescimento, horários do dia e estações do ano.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimento à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal pela infraestrutura, ao Departamento de Engenharia Agrícola, ao CNPq e a Capes pela concessão de financiamento e a Sociedade de Investigação Florestal (SIF).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CORREA LR, FETT-NETO AG (2004) Effects of temperature on adventitious root development in microcutting of *Eucalyptus Saligna Smith* and *Eucalyptus globulus Labil.* **Journal of Thermal Biology** v.29, p. 315-324, ano 2004.

FETT-NETO, A. G.; FETT, J. P.; GOULART, G. P.; TEMIGNONI, R. R.; FERREIRA, A. G.; Distinct effects of auxin and lighth on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus.* **Tree physiology**, Victoria, Canada, v. 21, n. 7, p. 457- 464, ano 2001.

PEDROSO EJ. Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidade de radiação solar. **Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Viçosa, MG, ano 2016.

RUEDELL CM, ALMEIDA MR, SCHWAMBACH J, POSENATO CF, FETT-NETO AG . Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance **Plant Growth regul**,v. 69: p. 235-245, ano 2013.

TATTINE M., LANDI M, BRUNETTI C, GIORDANO C, REMORINI D, GOULD KS, Guidi L. Epdermal coumaroyl anthocyanins protect sweet basil against excess light stress: multiple consequences of light attenuation. **Physiologia Plantarum**, v.152, p.585-598, ano 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 5^a Edição, p. 354, Editora ARTMED, 2013.

CALIBRAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA O ESTADO DE GOIÁS

Mayara Paiva Siqueira¹; Lucas da Costa Santos²; Nathália Aparecida Araújo Leão³; Sandra Mascimo da Costa e Silva²; Elton Fialho dos Reis²

Autor para correspondência: mayarapaivanpciap@hotmail.com

¹Engenheira agrícola pela Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO; ²Professor/ Pesquisador da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO; ³Discente de Graduação na Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO

RESUMO

A radiação solar é uma variável importante para as áreas agrícola, climática, energética, entre outras. No entanto ela está indisponível ou com falhas de registro nas estações presentes em todo território brasileiro. Como forma de solucionar a falta de dados medidos de radiação solar global, podem ser usados modelos matemáticos para estimar esta variável. Deste modo, este trabalho objetivou calibrar e avaliar os modelos Angstrom-Prescott, Bristow-Campbell e Hargreaves. Estes modelos foram ajustados e avaliados para as cidades de Goianésia, Rio Verde, Mineiros, Itumbiara, Santa Helena de Goiás e Morrinhos, localizadas em Goiás, a partir de dados meteorológicos de 2008 a 2016. Para comparação de dados estimados e observados foram utilizados os indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (r^2), índices de concordância (d) e de eficiência (E). Os resultados mostraram que o ajuste dos modelos avaliados melhorou em até 16,4% o r^2 , em relação ao modelo original. O de Angstrom Prescott, nas cidades de Itumbiara e Rio Verde, foi o único a atingir desempenho bom e muito bom, respectivamente, apresentando os maiores r^2 , d e E. Nas cidades com indisponibilidade de dados de insolação, o melhor modelo baseado em temperatura foi o de Bristow Campbell. Desta forma, os modelos recomendados a serem utilizados nas localidades avaliadas são Angstrom Prescott e Bristow Campbell.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem matemática; Dados meteorológicos; Irradiância solar

CALIBRATION AND EVALUATION OF GLOBAL SOLAR RADIATION MODELS FOR THE STATE OF GOIÁS

ABSTRACT

Solar radiation is an important variable for the agricultural, climatic, energy, and other areas. However, it is unavailable or with faults of registration in the stations present in all Brazilian territory. In order to solve the lack of measured radiation data, mathematical models can be used to estimate this variable. Thus, this work aimed to calibrate and evaluate the Angstrom-Prescott, Bristow-Campbell and Hargreaves models. These models were adjusted and evaluated for the cities of Goianésia, Rio Verde, Mineiros, Itumbiara, Santa Helena de Goiás and Morrinhos, located in Goiás, based on meteorological data from 2008 to 2016. In order to compare the estimated and observed data, statistical indicators were used: coefficient of determination (r^2), modeling efficiency index (E), concordance or accuracy index (d). The results showed that the adjustment of the models evaluated improved the coefficient of determination by up to 16.4%, in relation to the original formula. The Angstrom Prescott model, in the cities of Itumbiara and Rio Verde, was the only one to achieve good and very good performance, respectively. This model showed the highest r^2 , d and E. In cities with lack of sunshine data, the best temperature-based model was Bristow Campbell. Thus, the recommended models to be used in the evaluated locations are Angstrom Prescott and Bristow Campbell.

KEY-WORDS: Mathematical modeling; Meteorological data; Solar radiation

INTRODUÇÃO

A radiação solar é uma importante variável meteorológica que participa do balanço energético de numerosos processos físicos, químicos e/ou biológicos (Qin et al., 2011), presentes, por exemplo, no desenvolvimento de culturas agrícolas, na geração de energia elétrica e no conforto térmico. Apesar dessa importância, dados observados dessa variável são escassos (Hassan et al., 2016), por falta de equipamento ou falhas de registro no mesmo. Como solução a ausência desses dados medidos nas estações meteorológicas, a radiação solar global pode ser estimada a partir de modelos matemáticos. Os parâmetros que compõe estes modelos variam de um local para outro e, dessa forma, ajustes locais são necessários para melhorar sua capacidade de predição (Qin et al., 2015). A melhoria no desempenho de modelos com a calibração dos parâmetros é observada por Medeiros et al. (2017), que utilizou a equação de Angstrom-Prescott para estimar a radiação solar global no Rio do Grande do Norte, Brasil, e por Ramos et al. (2018), que utilizou os modelos de Hargreaves-Samani e Bristow-Campbell na estimativa da radiação solar global no território brasileiro, sendo os melhores resultados provenientes do modelo de Bristow-Campbell.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se com este trabalho calibrar e avaliar os modelos de Angstrom-Prescott, Bristow-Campbell e Hargreaves para estimativa da radiação solar global nos municípios goianos Goianésia, Rio Verde, Mineiros, Itumbiara, Santa Helena de Goiás e Morrinhos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram consideradas para este estudo as cidades de Goianésia, Rio Verde, Mineiros, Itumbiara, Santa Helena de Goiás e Morrinhos, localizadas no Estado de Goiás. Os dados meteorológicos foram obtidos do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados dados diários das variáveis temperaturas máxima e mínima, radiação solar global e insolação no período de 2008 a 2016. A variável insolação (n) foi considerada apenas para Rio Verde e Itumbiara, devido a sua ausência nas demais localidades. Para estimar a radiação solar global foram utilizados os modelos Angstrom-Prescott (AP), Hargreaves (Har), Bristow-Campbell (BC) (Tabela 1). A calibração e validação dos modelos foi realizada por validação cruzada, separando os dados em 70 e 30% para estas etapas, respectivamente. A calibração dos coeficientes dos modelos BC e Har foi pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS, sigla em inglês) e a do AP foi por regressão simples entre a transmitância (R_s/Q_o) e a razão de insolação (n/N). Para avaliação quantitativa do desempenho dos modelos foi utilizado os índices estatísticos: coeficiente de determinação (r^2), índice de eficiência (E , (Nash e Sutcliffe, 1970) e índice de concordância (d , (Willmott et al., 1985). Conforme sugerido por Moriasi et al. (2007), os modelos foram classificados de acordo com faixas de valores do índice E .

Tabela 1. Modelos de estimativa de radiação solar global utilizados no estudo

Modelo	Equação	Coefficientes	Autores
AP	Eq. (25)	a, b	Angstrom (1924) e Prescott (1940)
Har	Eq. (26)	a	Hargreaves (1981)
BC	Eq. (27)	a, b, c	Bristow e Campbell (1984)

AP – Angstrom-Prescott; Har – Hargreaves; BC – Bristow-Campbel; Rs – radiação solar global ($M J m^{-2} d^{-1}$); Qo– radiação solar extraterrestre ($M J m^{-2} d^{-1}$); ΔT – diferença entre as temperaturas máxima e mínima do ar diária ($^{\circ}C$); ΔT_2 – diferença entre a temperatura máxima e a média da mínima de dois dias consecutivos; a, b e c – coeficientes empíricos dos modelos (adimensionais)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ajuste dos parâmetros dos modelos AP, BC e Har às condições locais das cidades avaliadas melhorou em até 16,4% os coeficientes de determinação, em comparação ao modelo original (Tabela 2). Os modelos ajustados apresentaram desempenho satisfatório em 64% dos casos avaliados, segundo a classificação do índice de eficiência E. Os únicos desempenhos considerados bom e muito bom corresponderam a Itumbiara e Rio Verde, respectivamente, para o modelo de AP. Em resumo, o modelo AP apresentou os maiores valores de r^2 , E e d, e os coeficientes multiplicativo a e aditivo b da reta (observados versus estimados) mostraram a maior proximidade entre valores observados e estimados pelo modelo, sendo assim o indicado para as localidades com dados de insolação (Itumbiara e Rio Verde). De acordo com Liu et al. (2009a), o possível bom desempenho deste modelo se deve ao fato das variáveis de entrada serem as essenciais na estimativa de Rs, sendo pouco significativo a inclusão de novas variáveis. Na ausência de dados de insolação, o modelo que apresentou os melhores resultados foi o BC, com desempenho satisfatório em grande parte dos casos. Sendo assim, o modelo Har, que apresentou os piores indicadores, é o menos recomendado para as localidades estudadas (Tabela 3). De acordo com Liu et al. (2009b) e Li et al. (2014), os modelos baseados em temperatura se adequam as regiões com maior amplitude térmica, como é o caso de Goiás, principalmente em épocas secas em que o calor sensível assume parcela significativa no balanço de energia.

Tabela 2. Coeficientes de ajuste para os modelos de Angstrom-Prescott (AP), Hargreaves (Har) e Bristow-Campbell (BC) calibrados para seis localidades do estado de Goiás, Brasil.

Estação meteorológica	AP			Har		BC			
	a	b	r^2	a	r^2	a	b	c	r^2
GOI	#	#	#	0,168	0,58	0,683	0,035	1,660	0,64
ITU	0,293	0,439	0,69	0,165	0,52	0,678	0,024	1,820	0,65
MIN	#	#	#	0,151	0,52	0,617	0,050	1,517	0,55
MOR	#	#	#	0,150	0,53	0,638	0,024	1,804	0,64
RIO	0,342	0,409	0,79	0,167	0,48	0,699	0,036	1,609	0,53
STH	#	#	#	0,124	0,69	0,522	0,014	2,043	0,71

*ITU – Itumbiara; GOI – Goianésia; MIN – Mineiros; MOR – Morrinhos; RIO – Rio Verde; STH – Santa Helena de Goiás # Localidades que não dispunham de dados de insolação

Tabela 3. Indicadores estatísticos para a análise comparativa entre os modelos AP, BC e Har, ajustados para as condições locais na estimativa de radiação solar global em seis localidades do estado de Goiás.

Estação meteorológica	Modelo**	r^2	a	b	d	E	Classificação E
GOI	Har	0,58	0,55	8,40	0,85	0,58	Satisfatório
	BC	0,64	0,76	4,32	0,89	0,61	Satisfatório

ITU	AP	0,69	0,72	5,23	0,91	0,69	Bom
	Har	0,51	0,46	10,02	0,79	0,50	Satisfatório
	BC	0,65	0,67	5,88	0,89	0,65	Satisfatório
MIN	Har	0,52	0,49	8,99	0,81	0,45	Insatisfatório
	BC	0,55	0,54	8,01	0,83	0,52	Satisfatório
MOR	Har	0,53	0,53	7,75	0,83	0,53	Satisfatório
	BC	0,64	0,75	3,91	0,89	0,62	Satisfatório
RIO	AP	0,79	0,76	4,82	0,93	0,78	Muito Bom
	Har	0,48	0,53	9,57	0,81	0,45	Insatisfatório
	BC	0,53	0,64	7,47	0,84	0,48	Insatisfatório
STH	Har	0,69	0,55	7,48	0,85	0,59	Satisfatório
	BC	0,71	0,71	5,37	0,89	0,63	Satisfatório

* GOI – Goianésia; ITU – Itumbiara; MIN – Mineiros; MOR – Morrinhos; RIO – Rio Verde; STH – Santa Helena de Goiás; **BC –Bristow-Campbell; Har –Hargreaves; AP –Angstrom-Prescott; r^2 – coeficiente de determinação; a e b – coeficientes da relação linear dados observados versus estimados; d - índice de concordância; e E - índice de eficiência de Nash

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os modelos Angstrom-Prescott e Bristow-Campbell ajustados tiveram os melhores desempenhos na estimativa da radiação solar global e são os recomendados para as cidades goianas estudadas, de acordo com a disponibilidade dos dados de entrada.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Angstrom, Anders. Solar and terrestrial radiation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v.50, n. 210, p. 121-126, 1924. doi: 10.1002/qj.49705021008.

Bristow, Keith L.; Campbell, Gaylon S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. Agricultural and Forest Meteorology. v.31, n.2, p. 159–166, mai. 1984.

Hassan, Gasser E.; Youssef, M. Elsayed; Mohamed, Zahraa E.; Ali, Mohamed A.; Hanafy, Ahmed A. New temperature-based models for predicting global solar radiation. Applied Energy, v. 179, p. 437–450, Out. 2016.

Li, Huashan; Cao, Fei; Wang, Xianlong; Ma, Weibin. A temperature-based model for estimating monthly average daily global solar radiation in China. The Scientific World Journal, p. 1-9, 2014.

LIU, Xiaoying; MEI, Xurong; LI, Yuzhong; WANG, Qingsuo; JENSEN, Jens Raunso; ZHANG, Yanqing; PORTER, John Roy. Calibration of the Ångström-Prescott coefficients (a, b) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. Agricultural and Forest Meteorology, v. 149, n. 3-4, p.697-710, Mar. 2009a. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.10.027.

LIU, Xiaoying; MEI, Xurong; LI, Yuzhong; WANG, Qingsuo; JENSEN, Jens Raunso; ZHANG, Yanqing; PORTER, John Roy. Evaluation of temperature-based global solar radiation models in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 149, n.9, p. 1433–1446, Set. 2009b. doi: 10.1016/j.agrformet.2009.03.012.

MEDEIROS, Felipe J. de; SILVA, Claudio M. Santos e; BEZERRA, Bergson G. Calibration of Ångström-Prescott Equation to Estimate Daily Solar Radiation on Rio Grande do Norte State, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 3, p. 409-461, 2017. Doi: 10.1590/0102-77863230008

Moriassi, D.N.; Arnold, J.G.; Liew, M.W. Van; Bingner, R.L.; Harmel, R.D.; Veith, T.L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

Nash, J.E.; Sutcliffe, J. V. River flow forecasting through conceptual models. I. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, v.10, n. 3, p. 282-290, Abr. 1970. doi: 10.1016/0022-1694(70)90255-6.

Prescott, J.A. Evaporation from water surface in relation to solar radiation. *Transactions of the Royal Society of South Australia*. v.64, p. 114–118. 1940.

Qin, Jun; Chen, Zhuoqi; Yang, Kun; Liang, Shunlin; Tang, Wenjun. Estimation of monthly-mean daily global solar radiation based on MODIS and TRMM products. *Applied Energy*, v. 88, n. 7, p. 2480-2489, Jul. 2011. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.01.018

Qin, Jun; Tang, Wenjun; Yang, Kun; Lu, Ning; Niu, Xiaolei; Liang, Shunlin. An efficient physically based parameterization to derive surface solar irradiance based on satellite atmospheric products. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v.120, n. 10, p. 4975–4988, Mai. 2015. doi: 10.1002/2015JD023097.

RAMOS, João Paulo Augusto; VIANNA, Murilo dos Santos; e MARIN, Fábio Ricardo. Estimativa da radiação solar global baseada na amplitude térmica para o Brasil. *Agrometeoros, Passo Fundo*, v.26, n.1, p.37-51, Jul. 2018.

Willmott, Cort J.; Ackleson, Steven G.; Davis, Robert E.; Feddema, Johannes J.; Klink, Katherine M.; Legates, David R.; O'Donnell, James; Rowe, Clinton M. Statistics for the evaluation and comparison of models. *J. Geophys. Res.* 90, 8995–9005. *Journal of Geophysical Research*, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, Set. 1985.

CHUVA NA COLHEITA DO ALGODÃO EM FUNÇÃO DA DATA DE SEMEADURA E FENÔMENOS ENOS NO ESTADO DE GOIÁS

Amanda Emília Appelt¹; Rafael Battisti¹
Autor para correspondência: amandaappelt@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás - Escola de Agronomia

RESUMO

A ocorrência de chuvas durante a abertura da maçã do algodão e no momento de colheita comprometem a qualidade da fibra do algodão em relação a sua espessura e resistência, provocando prejuízos ao produtor. Portanto, o objetivo desse trabalho é analisar as melhores datas de plantio de algodão para os municípios de Chapadão do Céu e Cristalina, Goiás, pensando em ter um período seco na época de colheita e relacionar o aumento ou redução da frequência de chuva com a ocorrência de fenômenos ENOs. Para isso, foram usados os dados de precipitação de Xavier et al. (2015), utilizando ciclo de 150 dias e semeadura a cada 15 (Nov-Dez). Os resultados apontaram que as datas de semeadura no início da janela de semeadura apresentam maiores acúmulos durante a colheita, chegando a valores de 35 mm em 15 dias, reduzindo para próximo a 0 com as semeaduras tardias. Já a relação entre o ENOs e o acumulado de chuva apresentou relação negativa, ou seja, na fase La Niña há menores acumulados, enquanto que El Niño teve maior influência sobre as primeiras datas de semeadura. Assim, semeaduras tardias podem reduzir o risco na colheita pelo excesso de chuva, enquanto que índice oceânico do ENOS se apresenta promissor para elaboração do planejamento.

PALAVRAS-CHAVE: risco climático; índice oceânico ENOS; qualidade de fibra

RAINFALL DURING COTTON HARVEST FOR SOWING DATES AND ENSO PHASES IN THE GOIÁS STATE, BRAZIL

ABSTRACT

Rainfall during the cotton bur opening and at harvest compromise the quality of cotton fiber regarding to its thickness and resistance, causing prejudice to the farmers. For that reason, the aim of this study was to analyse the best dates for sowing cotton in the county of Chapadão do Céu and Cristalina, Goias state, Brazil, looking for a dry period during harvest and the relation with El Niño - Southern Oscillation (ENSO). It was obtained rainfall data from Xavier et al. (2015), using crop cycle of 150 days with sowing each 15 days (Nov-Jan). The early sowing dates had high rainfall amount, reaching 35 mm in 15 days, which was reducing to 0 when sowing was delayed. ENSO showed a negative relation with accumulated rainfall during harvest, where La Niña phase had lower values, while El Niño had higher influence over the first dates. This way, late sowing dates reduced rainfall risk during harvest, while oceanic index of ENSO showed to have potential to be used for harvest plan.

KEY-WORDS: climatic risk; oceanic index ENSO; fiber quality

INTRODUÇÃO

O algodão está entre uma das culturas de fibra mais importante do planeta, ocupando uma área de aproximadamente 35 milhões de hectares, movimentando cerca de US\$ 12 bilhões por ano e envolvendo

mais de 350 milhões de pessoas em sua produção (ABRAPA, 2019). O Brasil encontra-se entre os cinco maiores produtores mundiais de algodão, sendo o campeão de produtividade em sequeiro.

No Brasil, a região Centro-Oeste desponta como a maior produtora, sendo o estado de Mato Grosso o maior produtor, seguido pelos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás (ABRAPA, 2019). A lucratividade do produtor está ligada a qualidade da fibra e ao rendimento do algodão, sendo que a umidade é um dos principais fatores a ser observado.

Para uma boa colheita o grau de umidade do algodão deve estar entre 10 e 12% (ABRAPA). Ao final do ciclo de produção de algodão espera-se que o fruto tenha uma perfeita desidratação e deiscência completa, entretanto, chuvas excessivas durante a abertura das maçãs podem comprometer a qualidade da fibra, especialmente quanto à resistência e espessura, importantes características nos processos de fiação e tecelagem, e chuvas intensas, podem provocar a queda de fibras do capulho (CHIAVEGATO et al., 2009).

Os riscos associados a chuva excessiva na colheita podem ser reduzidos buscando-se identificar períodos de semeadura em que o período de colheita não coincida com períodos chuvosos (CHIAVEGATO et al., 2009), evitando perdas, especialmente no baixeiro, com a redução da qualidade da fibra de algodão. Além disso, o fenômeno El Niño Oscilação Sul pode alterar os regimes de chuva no Brasil, em que, além da data de semeadura, o índice oceânico do El Niño (IOC) pode definir a fase quente (El Niño), neutra ou fria (La Niña), ocasionando alterações nas chuvas em várias regiões do globo (Grimm et al., 1998). Apesar disso, os efeitos do El Niño Oscilação Sul ainda não sejam totalmente claros para a região central do Brasil.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi avaliar o acumulado de chuva durante o período de colheita do algodão em diferentes datas de semeadura nos municípios de Chapadão do Céu e Cristalina, Goiás, identificando sua relação com o índice oceânico do El Niño (IOC) do fenômeno macroclimático El Niño Oscilação.

MATERIAIS E MÉTODOS

As simulações foram realizadas com base na época de semeadura do algodão de acordo com o calendário de semeadura instituído pela instrução normativa Agrodefesa nº 04/2014. Dentro da janela de semeadura, foram simuladas semeaduras ocorrendo a cada 15 dias (Tabela 1), de 01/12 a 30/01 em Chapadão do Céu, e de 15/11 a 30/01 para Cristalina.

Para as datas definidas, considerou-se em ciclo médio de 150 dias entre a semeadura e a colheita. A partir das datas de colheita obteve-se a precipitação acumulada, média e o número de dias com chuva para um período de 15 dias posteriores à data de colheita (Tabela 1). Os dados de chuva foram obtidos a partir de Xavier et al. (2015) referente a localização da cidade em estudo para o período de 1980 a 2015.

A relação entre o acumulado de chuva na colheita com os fenômenos El Niño Oscilação Sul foi obtida considerando a anomalia de temperatura do oceano pacífico na região Niño 3.4, 6 meses anteriores a data de colheita (anterior à data de semeadura), utilizando o índice oceânico do El Niño (IOC) e a partir de dados fornecidos pelo Climate Prediction Center (2019). Essas relações foram analisadas por meio de regressão linear, em que x é o índice IOC, e y o acumulado de chuva, considerando o período de 1980 a 2015.

Tabela 1: Datas de semeadura e colheita para as localidades de Chapadão do Céu e Cristalina, Goiás, consideradas para avaliação.

Chapadão do Céu		Cristalina	
Semeadura	Colheita	Semeadura	Colheita
01 de dezembro	01 de maio	15 de novembro	15 de abril

15 de dezembro	15 de maio	30 de novembro	30 de abril
30 de dezembro	30 de maio	15 de dezembro	15 de maio
15 de janeiro	15 de junho	30 de dezembro	30 de maio
30 de janeiro	30 de junho	15 de janeiro	15 de junho
-	-	30 de janeiro	30 de junho

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores acumulados de chuva (Figura 1a e 1b) e dias com chuva em 15 dias (Figura 1c e 1d) no período de colheita ocorreu para as primeiras datas de semeadura, que segue decrescendo até as últimas datas. Pode-se notar que em anos de ocorrência da fase quente (El Niño) este provoca maiores acúmulos de chuva em relação a fase fria (La Niña), principalmente nas primeiras datas de semeadura para ambos locais (Figura 1a e 1b). Por exemplo, em Cristalina, o acúmulo médio chega a 35 mm em 15 dias para a semeadura em 15/Nov, caindo para menos de 1 mm para a semeadura de 30/Jan.

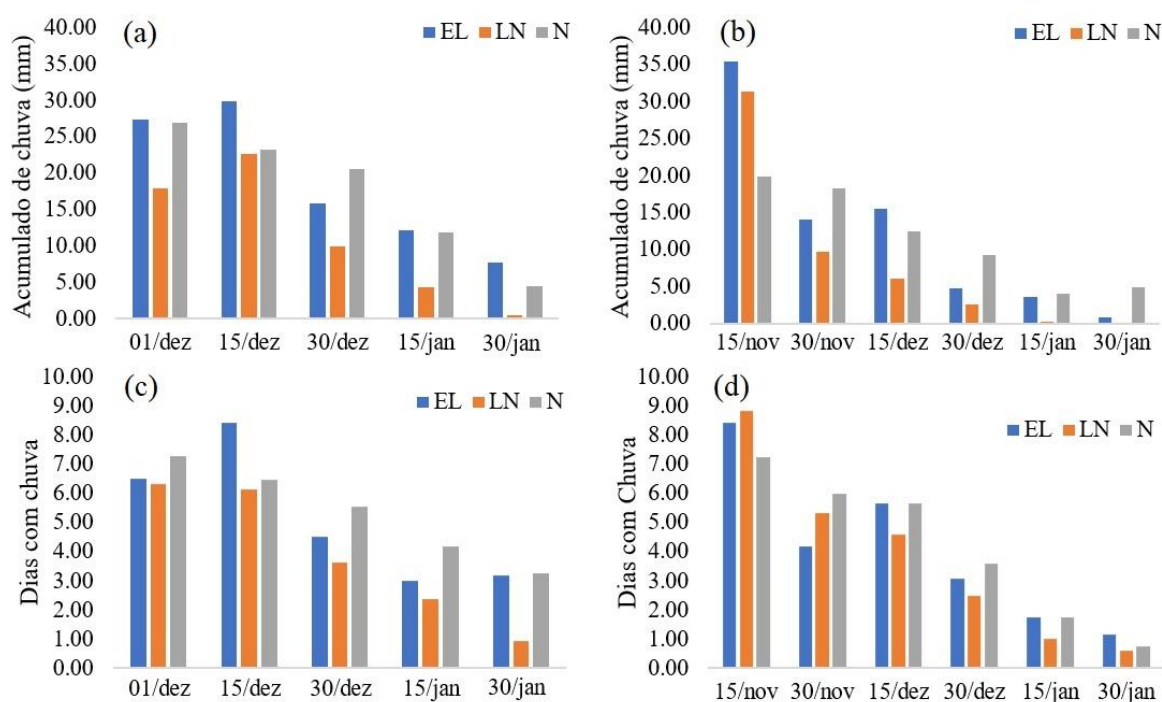


Figura 1: Acumulado médio de chuva (a e b) e dias com chuva (c e d) num período de 15 dias anteriores a colheita para Chapadão do Céu (a e c) e Cristalina (b e d). EL: El Niño – fase quente; LN: La Niña – fase fria; e N: fase neutra.

Na fase neutra, observa-se na grande maioria das datas de semeadura similar número de dias com chuva do que para a fase El Niño. Essa igualdade se inicia a partir de 30/Dez em Chapadão do Céu (Figura 1c) e 15/Dez para Cristalina (Figura 1d). Os anos neutros também se mostraram com maior volume de chuva e dias com chuva do que a fase La Niña, indicando uma menor precipitação e dias com chuva para a fase fria do fenômeno do El Niño Oscilação Sul.

Para ambo locais observou-se uma tendência de redução do acumulado de chuva com a redução do IOC, ou seja, quanto mais negativo seu valor (abaixo de $-0,5^{\circ}\text{C}$ é considerado La Niña) menor o risco de ocorrência de chuvas durante a colheita do algodão (Figura 2). Essa tendência também estava associada para as diferentes datas de semeadura, pois, por exemplo, em Chapadão do Céu, quando a colheita ocorre em

30/Maio (Figura 2c), com o IOC negativo quase não se observa a ocorrência de chuva durante esse período de colheita.

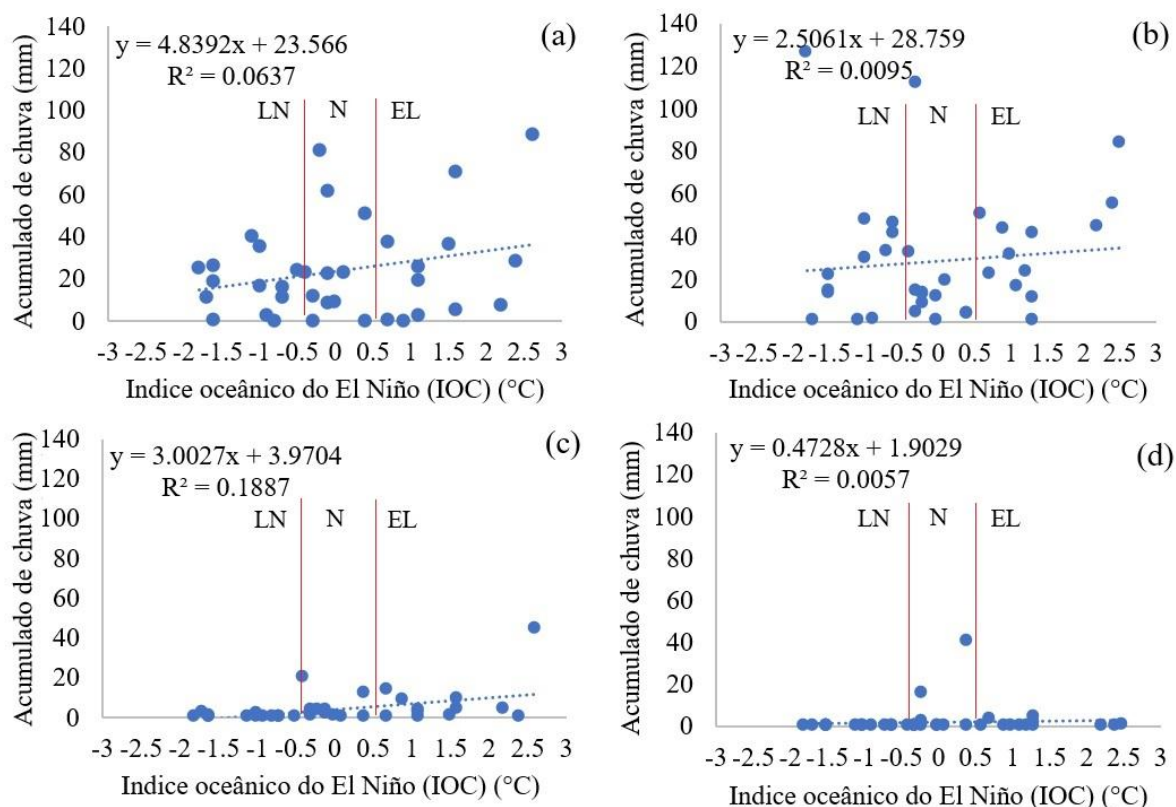


Figura 2: Correlação entre a anomalia de temperatura do oceano expresso pelo índice oceânico do El Niño (IOC) com o acumulado de chuva durante 15 dias depois da colheita para Chapadão do Céu (a e c) e Cristalina (b e d) para a primeira (a e b) e última (c e d) data de semeadura em cada local.

As relações entre índice oceânico do El Niño (IOC) para cada localidade e data de colheita são apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que os valores de R^2 são baixos, condição essa que pode estar associada a ocorrência de outros fenômenos na macroescala que podem afetar as condições de chuva nessa região, além do El Niño (Pereira et al., 2002). Outra possibilidade que deve ser explorada é o tempo de resposta entre o IOC e os efeitos sobre a chuva na região, que neste trabalho se limitou a 6 meses anteriores ao evento, objetivando a previsão ao risco de chuva para aquela determinada safra antes do ser realizada a semeadura do algodão.

Tabela 2: Equações lineares em que y é o acumulado de chuva em mm durante 15 dias e x o índice oceânico do El Niño (IOC) para de gráficos de dispersão de chuvas em Chapadão do Céu e Cristalina, Goiás, em para diferentes datas de colheita.

Data de colheita	Equação linear	R^2
Chapadão do Sul		
01 de maio (a)	$y = 4,8392x + 23,566$	0,0637
15 de maio (b)	$y = 3,6024x + 25,06$	0,0362
30 de maio (c)	$y = 3,3387x + 15,002$	0,0454
15 de junho (d)	$y = 3,5454x + 9,072$	0,0853

30 de junho (e)	$y = 3,0027x + 3,9704$	0,1887
Cristalina		
15 de abril (a)	$y = 2,5061x + 28,759$	0,0095
30 de abril (b)	$y = 2,1316x + 13,959$	0,0156
15 de maio (c)	$y = 5,1828x + 11,116$	0,1284
30 de maio (d)	$y = 0,7628x + 5,5028$	0,0091
15 de junho (e)	$y = 1,0171x + 2,5267$	0,0314
30 de junho (f)	$y = 0,4728x + 1,9029$	0,0057

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Para se evitar a ocorrência de chuvas durante a colheita do algodão é recomendado que se faça o atraso da semeadura dentro da janela recomendada. O valor do índice oceânico do El Niño (IOC) apresentou uma correlação negativa com o acumulado de chuva durante a colheita do algodão, podendo ser um indicativo de ocorrência de chuvas durante a colheita, prevendo-se tal condição com 6 meses de antecedência. Embora o IOC se mostrou promissor, estudos complementares devem avaliar o tempo de resposta entre IOC e chuva e a interação com outros fenômenos de macroescala.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Dados**. Brasília, mai. 2019. Disponível em: < <https://www.abrapa.com.br>>. Acesso em: 20 maio 2019.
- CLIMATE PREDICTION CENTER. **Historical El Nino / La Nina episodes (1950-present)**. Maryland, EUA, 2019.
- CHIAVEGATO et al. Algodão. In: Monteiro, J. E. B. A. (org.). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 33 – 49.
- GRIMM, A.M., FERRAZ, S. E.T., GOMES, J. (1998). Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña Events. *Journal of Climate*, 11: 2863-2880.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Cuiabá: Agropecuária. 2002.
- XAVIER, A.C., KING, C.W., SCANLON, B.R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, p. 2644-2659, 2015.

PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO COMUM EM DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA NA ÉPOCA DAS ÁGUAS

Ludmilla Ferreira Justino¹; Alexandre Bryan Heinemann²; Rafael Battisti¹; José Alves Júnior¹
Autor para correspondência: ludmillafj@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás; ²Embrapa Arroz e Feijão

RESUMO

A definição das melhores datas de semeadura do feijoeiro na época das águas é importante para minimizar os efeitos dos veranicos e melhor aproveitar os recursos hídricos. Objetivou-se com este estudo avaliar a produtividade do feijoeiro comum semeado em diferentes datas na época das águas em Santo Antônio de Goiás, por meio de modelo de simulação. O estudo de simulação da produtividade do feijoeiro foi realizado para o município de Santo Antônio de Goiás para as datas de semeadura em 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12, utilizando o modelo CROPGRO Drybean, da plataforma de modelos DSSAT. A produtividade do feijoeiro variou substancialmente nas diferentes datas de semeadura, com valores de 239 a 3.120 kg ha⁻¹. A maior produtividade foi observada quando o feijoeiro foi semeado em 01/11, decrescendo com o atraso na semeadura e atingindo os menores valores em 30/12.

PALAVRAS-CHAVE: Phaseolus vulgaris L.; DSSAT; Simulação

COMMON BEAN YIELD IN DIFFERENT SOWING DATES IN RAINFED SEASON

ABSTRACT

The best sowing dates of the for dry beans in rainfed season is important to minimize the drought periods effects and takes advantage of the natural resources (water, temperature and radiation). The objective of this study was to evaluate the yield of common bean sown at different sowing dates in the rainfed season at Santo Antônio de Goiás, based on simulation crop model CROPGRO Drybean, from DSSAT model platform. The simulated dry beans yield was performed considering the following sowing dates; 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 and 30/12. Dry beans yield varied substantially at different sowing dates, with values ranging from 239 to 3,120 kg ha⁻¹. The highest yield was observed when the bean was sown on 01/11, decreasing with the delay in sowing and reaching the lowest values in 30/12.

KEY-WORDS: Phaseolus vulgaris L.; DSSAT; Simulation

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das espécies leguminosas mais produzidas e consumidas no mundo. O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking de países produtores de feijão (FAO, 2016), o que representa grande importância no âmbito social e econômico, provendo renda a pequenos e grandes agricultores e movimentando a economia nacional.

No Estado de Goiás, o feijoeiro comum é cultivado em três épocas, sendo elas a safra das águas e da seca, cultivadas em sistema de sequeiro, e a safra de inverno, cultivada com irrigação, o que a caracteriza como a que apresenta as maiores produtividades (HEINEMANN et al., 2016). De acordo com a Conab, na safra

18/19 (águas) em Goiás, o rendimento médio do feijão comum foi em torno de 2.100 kg ha⁻¹, valor bem abaixo do esperado, devido à falta de chuvas no período.

As chuvas em Goiás, geralmente são suficientes para suprir a demanda hídrica do feijoeiro, porém a ocorrência de períodos secos na época das águas (veranicos) causa a quebra na produtividade na cultura em diferentes proporções (MIORINI; SAAD; MENEGALE, 2011). Portanto, a definição das melhores datas de semeadura do feijoeiro na época das águas é importante para minimizar os efeitos dos veranicos e melhor aproveitar os recursos hídricos.

Uma ferramenta muito útil para a definição das melhores datas de semeadura de diversas culturas são os modelos de simulação de crescimento, desenvolvimento e produtividade, que tem sido muito utilizados na determinação de melhores épocas de semeadura, estratégias de irrigação e simulação dos rendimentos das culturas (DALLACORT et al., 2011; HEINEMANN et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2012).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a produtividade do feijoeiro comum semeado em diferentes datas de semeadura na época das águas em Santo Antônio de Goiás, por meio de modelo de simulação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo da produtividade simulada do feijoeiro na época das águas teve como base o município de Santo Antônio de Goiás, onde está situado o programa de melhoramento do feijoeiro. O município está localizado nas coordenadas geográficas 16° 28'00" latitude sul, 49° 17'00" longitude oeste e altitude de 823 m e possui clima Aw, segundo a classificação de Köppen.

Os dados de produtividade do feijoeiro e foram obtidos por meio de simulação, utilizando o modelo CROPGRO Drybean, da plataforma de modelos DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (HOOGENBOOM et al., 2017). Nesse estudo foi utilizada a cultivar Pérola, pois ela é utilizada como referência no programa de melhoramento do feijoeiro para a época das águas. Os parâmetros genéticos desta cultivar foram obtidos de Heinemann et al. (2016).

Foi utilizada uma série histórica de dados climáticos de 30 anos (1983 a 2012), provenientes da estação climatológica da Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, GO. Os dados climáticos utilizados pelo modelo foram temperatura máxima e mínima diária, radiação solar diária e precipitação diária.

Neste estudo simulou-se a produtividade do feijoeiro cultivado em sistema de sequeiro, com suprimento hídrico apenas através da chuva. As simulações foram realizadas para a safra das águas, considerando as datas de semeadura em 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12.

A partir das produtividades simuladas, foram determinadas as probabilidades acumuladas de ocorrência para as cinco datas de semeadura, calculadas as médias e variâncias e determinadas as melhores datas de semeadura para o feijoeiro das águas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, variou substancialmente nas diferentes datas de semeadura (Figura 1), com valores de 239 a 3.120 kg ha⁻¹. Na semeadura em 01/11, verificou-se grande oscilação de produtividade, variando de 728 a 3.120 kg ha⁻¹ no decorrer dos 30 anos de simulação, o que demonstra a sensibilidade do feijoeiro às adversidades climáticas. Na semeadura em 15/11 (Figura 1), verifica-se produtividades inferiores às observadas na semeadura em 01/11, variando de 530 a 2.929 kg ha⁻¹, com uma média de 1.728 kg ha⁻¹. De acordo com Meireles et al. (2003), na região de Santo Antônio de Goiás, a época das águas é a que apresenta o menor risco de quebra de produtividade no cultivo do feijoeiro, sendo que

nesta época, os menores riscos ocorrem nas sementeiras entre o primeiro e o segundo decêndio de novembro.

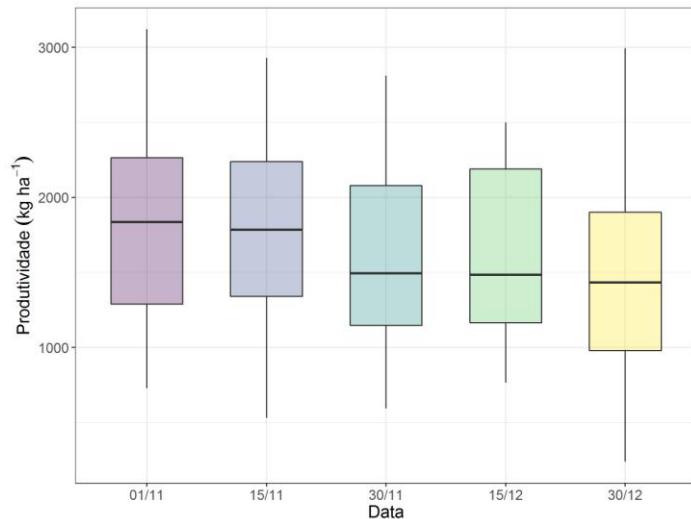


Figura 1. Boxplot indicando percentis (25% e 75%) e mediana das produtividades simuladas (kg ha^{-1}) nas cinco datas de sementeira (01/11; 15/11; 30/11; 15/12; 30/12).

Na sementeira em 30/11 foram constatadas médias de produtividade cerca de 8,5% inferiores às anteriormente citadas e a maior variância de médias entre as datas estudadas. Já na sementeira em 15/12, verificou-se as menores produtividades máximas atingíveis, em torno de 20% inferiores às da sementeira em 01/11. Também foram constatadas produtividades reduzidas com relação às datas anteriores, o que a torna pouco indicada para a sementeira do feijoeiro.

A sementeira em 30/12 foi a que apresentou a menor média de produtividade de todas as datas (1.445 kg ha^{-1}), cerca de 21% menor que a melhor média observada (01/11), além de grande variabilidade entre as médias. Estes dados representam um alto risco de obtenção de baixas produtividades, o que torna esta data, assim como a anterior, menos indicada para a sementeira do feijoeiro na época das águas em Goiás. Os resultados obtidos confirmam os apresentados por Amorim et al. (2011), que observaram a queda da produtividade da soja sem irrigação, comparando sementeiras entre novembro e dezembro. Foi observado que a medida que se atrasou a sementeira, a produtividade reduziu substancialmente, supostamente devido à mudança no fotoperíodo, que causa a redução do ciclo reprodutivo da planta (SILVEIRA NETO et al., 2005).

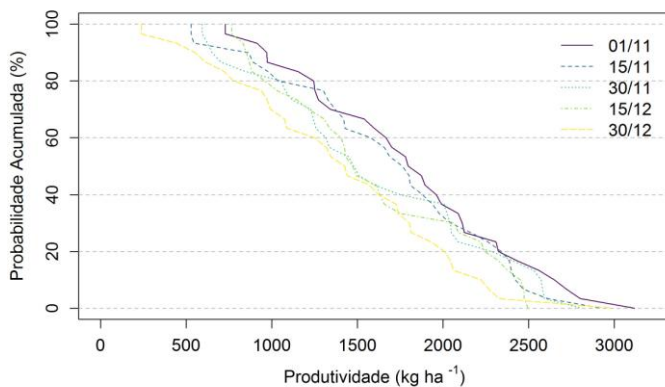


Figura 2. Probabilidade acumulada (%) de ocorrência das produtividades simuladas (kg ha^{-1}) nas cinco datas de sementeira (01/11; 15/11; 30/11; 15/12; 30/12).

Na Figura 2, são apresentadas as probabilidades acumuladas da produtividade do feijoeiro na época das águas nas cinco datas de semeadura (01/11; 15/11; 30/11; 15/12; 30/12). Comparando as produtividades à uma probabilidade de ocorrência de 50%, observou-se 1.940, 1.919, 1.759, 1.725, 1.635 kg ha⁻¹, respectivamente, para 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12. As maiores probabilidades de obtenção de melhores produtividades foram observadas na semeadura em 01/11, confirmando que a semeadura antecipada garante um bom rendimento da cultura do feijoeiro.

A probabilidade média de obtenção de produtividades maiores que 2.300 kg ha⁻¹ nas datas de semeadura em 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12, foram respectivamente, 23%, 20%, 16%, 16% e 3%. Dallacort et al. (2008), trabalhando com simulações para a cultura da soja semeada em cinco diferentes datas, observaram que as probabilidades de altos rendimentos foram encontradas na semeadura em 01/10, porém com baixa probabilidade de ocorrência, sendo que as produtividades decresceram quando a semeadura foi realizada em períodos mais tardios.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A produtividade do feijoeiro comum na época das águas em Santo Antônio de Goiás diminuiu à medida a semeadura foi atrasada.

A data semeadura em 01/11 foi a que apresentou os melhores rendimentos.

À 50% de probabilidade de ocorrência, a semeadura em 01/11 resultou em uma produtividade de 1.940 kg ha⁻¹.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio da Embrapa Arroz e Feijão, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e da Universidade Federal de Goiás (UFG).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AMORIM, F. A. et al. Época de semeadura no Potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1793-1802, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/5398/9138>> Acesso em: 15 jul. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira Grãos**. Sétimo levantamento, v. 6 Safra 2018/19, p. 1-119 Abr., 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>> Acesso em: 28 abril 2019.

DALLACORT, R. et al. Níveis de probabilidade de rendimento de quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura. **Acta Scientiarum – Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 261-266, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i2.1740>> Acesso em: 13 mai. 2019.

DALLACORT, R. et al. Simulation of bean crop growth, evapotranspiration and yield in Paraná State by the CROPGRO-Drybean model. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 429-436, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i3.11793>> Acesso em: 13 fev. 2019.

FAO. **Statistical databases**. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 12 mar. 2019.

HEINEMANN, A. B. et al. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 225, p. 57–74, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.010>> Acesso em: 13 out. 2018.

HOOGENBOOM, G. et al. 2017. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7** (www.dssat.net). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.

MEIRELES, E.J.L. et al. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. **Bragantia**, v.62, n.1, p. 163-171, Campinas, Brasil, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100020>> Acesso em: 15 abr. 2019.

MIORINI, T. J. J.; SAAD, J. C.; MENEGALE, M. L. Supressão de água em diferentes fases fenológicas do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 360-368, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2011v16n4p360>> Acesso em: 15 mar. 2019.

OLIVEIRA, E.C. et al. The performance of the CROPGRO model for bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield simulation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 239-246, July-Sept., 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1807-86212012000300002>> Acesso em: 21 fev. 2019.

SILVEIRA NETO, A. N. et al. Desempenho de linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 103-108, 2005. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2257/2216>> Acesso em: 10 mar. 2019.

COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO BAIXO SÃO FRANCISCO SERGIPANO.

Camilo Rafael Pereira Brandão¹; Inajá Francisco de Sousa²
Autor para correspondência: camilorafael669@gmail.com

¹Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Prodema na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe; ²Orientador e Professor no programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Prodema na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe

RESUMO

A água é um recurso indispensável para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres, 70% da água utilizada mundialmente é destinada para a agricultura, o Brasil se destaca na produção hídrica possuindo cerca de 12% de toda água doce mundial. Pesquisas envolvendo a evapotranspiração fornecem informações sobre a quantidade de água consumida pelas plantas, fornecendo dados que servem como auxílio para o manejo da água, os métodos de estimativa são baseados em variáveis climáticas e a não verificação da adequação destes métodos resultam na diminuição da eficiência da irrigação e prejuízos ao desenvolvimento da cultura. O presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos de Blaney-Cridlle, Hargreaves-Samani, Radiação (FAO) e Priestley-Taylor com o método padrão de Penman-Monteith para as condições climáticas da região do perímetro irrigado do Betume, no baixo São Francisco sergipano. Os dados meteorológicos coletados são referentes ao período de janeiro a dezembro (2018). Utilizaram-se os valores dos coeficientes de determinação (r^2) e de correlação (r) e os índices de concordância (d) e desempenho (c). O método que apresentou os melhores parâmetros estatísticos levando em consideração o método padrão de Penman-Montheih foi o de Blaney-Cridlle, sendo indicado em substituição ao método padrão para a região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; cultivo de arroz; necessidade hídrica

COMPARISON BETWEEN DIFFERENT METHODS OF ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN LOW SÃO FRANCISCO SERGIPANO.

ABSTRACT

Water is a indispensable resource for the balance of terrestrial ecosystems, 70% of the water used worldwide is destined for agriculture, Brazil stands out in the water production having around 12% of all the world's fresh water. Evapotranspiration surveys provide information on the amount of water consumed by plants, providing data that serve as a water management aid, estimation methods are based on climatic variables, and failure to verify the adequacy of these methods results in decreased irrigation and damage to the development of the crop. The objective of this study was to compare the methods of Blaney-Cridlle, Hargreaves-Samani, Radiation (FAO) and Priestley-Taylor with the Penman-Monteith standard method for the climatic conditions of the Betume irrigated perimeter region in lower São Francisco - Sergipe. The meteorological data collected refer to the period from January to December (2018). The values of the coefficients of determination (r^2) and correlation (r) were used, and the agreement (d) and performance (c) indices were used. The method that presented the best statistical parameters taking into account the standard Penman-Montheih method was the Blaney-Cridlle method. Indicated instead of the standard method for the study region.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; rice culture; hydric necessity

INTRODUÇÃO

A água retirada dos rios, lagos e aquíferos possui seu consumo dividido em setores, sendo 70% na irrigação de um quinto das plantações mundiais, 20% em indústrias e os 10% restantes destinados para consumo nas cidades (MILLER JR, 2004), sendo este um elemento indispensável para o equilíbrio e manutenção dos ecossistemas terrestres (SILVA, 2018). Pesquisas sobre evapotranspiração fornecem informações relativas à quantidade de água consumida pelas plantas, fornecendo dados que auxiliam no manejo da água e no dimensionamento dos sistemas de irrigação (SOUZA et al., 2009).

Allen et al., (1998) define o conceito de evapotranspiração de referência como o que “foi introduzido para estudar a demanda de evapotranspiração da atmosfera, independentemente do tipo e desenvolvimento do cultivo e das práticas de manejo”. Existem muitos métodos empíricos com base em dados meteorológicos criados para estimá-la, como uma forma de simplificar a estimativa (FILHO et al., 2011).

Os métodos de estimativa são baseados em variáveis climáticas como temperatura e radiação (Penman, 1948; Thornthwaite, 1948; Priestley & Taylor, 1972; Hargreaves, 1974), para padronizar o cálculo de ETo, a Food and Agriculture Organization (FAO) propôs o método de Penman-Monteith usando como base estudos no qual incorpora aspectos termo e aerodinâmico da cultura como modelo padrão para quantificar a demanda atmosférica da evapotranspiração (SOUSA et al., 2010).

A não-verificação da adequação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência às condições climáticas, a falta de precisão na estimativa, bem como o erro, devido ao uso de instrumentos de medidas inadequados, em geral, também conduz ao manejo inadequado da água, afetando muitas vezes a produção agrícola (SILVA et al., 1993).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Radiação e Priestley-Taylor com o método padrão de Penman-Monteith (FAO 56) para as condições climáticas da região do perímetro irrigado do Betume no baixo São Francisco sergipano.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no perímetro irrigado Betume, localizado entre os municípios de Neópolis, Ilhas das Flores e Pacatuba no baixo São Francisco, no Estado de Sergipe. A estimativa da ETo foi realizada através dos dados climáticos diários coletados de janeiro a dezembro de 2018, obtidos na estação meteorológica automática A421 pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nas coordenadas geográficas 10.473959°S e 36.482051°W com altitude de 10m. O clima da região é classificado do tipo As, por Köppen, como tropical e seco. Sua precipitação média anual é de 1555mm e seu solo é caracterizado como hidromórficos (CODEVASF, 2005). Os dados foram inseridos em planilhas eletrônicas do Excel no qual se obteve o ETo para cada método.

A estimativa da evapotranspiração diária pelo método padrão Penman-Monteith utilizado foi descrito por Allen et al., 1998. O método de Hargreaves-Samani para a estimativa da ETo diária em mm d⁻¹ está de acordo com Pereira et al., 1997. A versão utilizada para o método de Blaney-Criddle e Radiação Solar (FAO 24) foi descrita por Doorenbos e Pruitt (1977) e o método de Priestley-Taylor está de acordo com Summer e Jacobs (2005).

Para se avaliar o desempenho estatístico dos métodos foi utilizado o índice de concordância (WILLMOTT, 1981), onde através de um coeficiente de exatidão (designado pela letra “d”) é possível quantificar matematicamente a dispersão dos dados em relação ao método considerado padrão.

Utilizou-se ainda como parâmetro estatístico de comparação o índice “c” proposto por Camargo e Sentelhas (1997), que serve como indicador de desempenho dos métodos, reunindo os índices de precisão “r” e de exatidão “d”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) divergiu entre os métodos em estudo durante o período analisado, apresentando uma semelhança entre o de Radiação Solar e Priestley-Taylor, onde o método de Radiação Solar superestimou os demais e atingiu uma média de 6,64 mm d⁻¹, máxima de 10,42 mm d⁻¹ e mínima de 1,13 mm d⁻¹, totalizando 2421,95 mm d⁻¹. O método Priestley-Taylor obteve os seguintes valores da ET_o, média 6,49 mm d⁻¹, máxima de 9,52 mm d⁻¹ e mínima de 1,88 mm d⁻¹, com um total de 2370,09 mm d⁻¹, os métodos citados anteriormente apresentaram melhor semelhança entre si. Para método de Hargreaves-Samani se obteve uma média de 1,47 mm d⁻¹, máxima de 2,85 mm d⁻¹ e mínima de 0,70 mm d⁻¹. Blaney-Criddle apresentou uma média de 4,16 mm d⁻¹, máxima de 5,93 mm d⁻¹ e mínima de 1,43 mm d⁻¹ com o total de 1517,10 mm d⁻¹. O método Penman-Monteith-FAO obteve uma média de 4,67 mm d⁻¹, máxima 6,55 mm d⁻¹, mínima 1,31 mm d⁻¹, e total de 1703,83 mm d⁻¹.

É possível observar que quanto mais próximos de Penman-Monteith-FAO os valores estimados estiverem em relação aos valores medidos, melhorar será o desempenho do modelo (Figura 1).

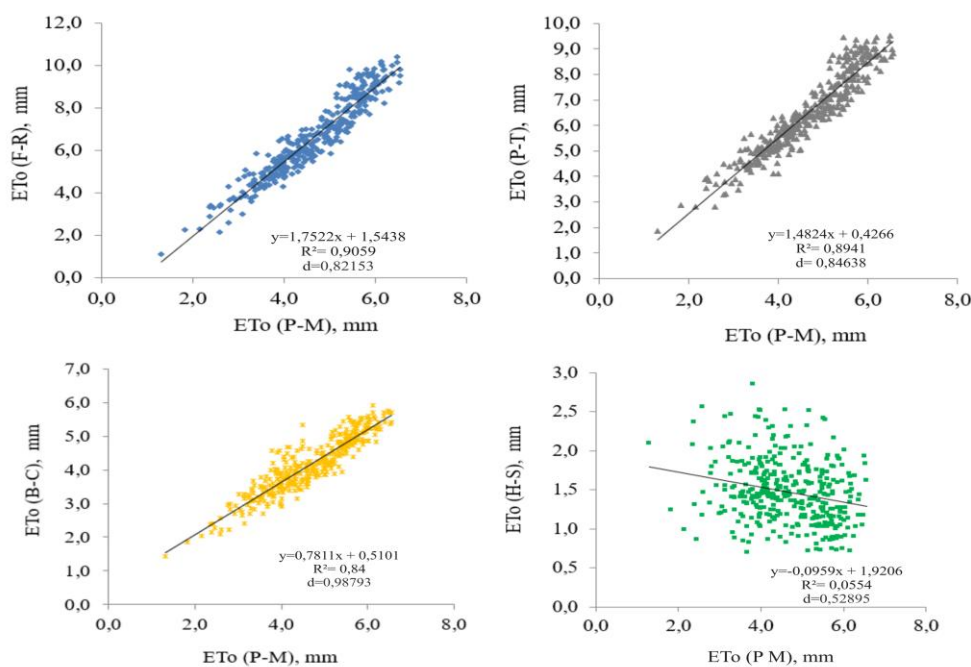


Figura 1. Correlação dos métodos através dos valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o), em mm d⁻¹

Fonte: Brandão e Sousa, 2019.

O método que apresentou os melhores parâmetros estatísticos levando em consideração o método padrão de Penman-Montheih foi o de Blaney-Cridlle ($r_2 = 0,84$; $r = 0,91$; $d = 0,98$ e $c = 0,90$) tendo um desempenho ótimo de acordo com Camargo e Sentelhas (1997). O método de Priestey-Taylor ($r_2 = 0,89$; $r = 0,94$; $d = 0,84$ e $c = 0,79$) teve um desempenho muito bom, Sousa et al., (2010) em seu trabalho de determinação da evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe obteve um desempenho ótimo deste método para três dos quatro perímetros estudados.

De acordo com o critério de interpretação de desempenho, o método de Radiação-FAO ($r^2=0,90$; $r=0,95$; $d=0,82$; $c=0,78$) é considerado muito bom, Barros et al., (2017) em seu trabalho no perímetro Irrigado Jacaré Curitiba em Canindé do São Francisco também no baixo São Francisco sergipano obteve para o índice “c” o valor de 0,70, sendo considerado bom. Já o método de Hargreaves-Samani ($r^2= 0,05$; $r=0,23$; $d=0,52$; $c=0,12$) teve um desempenho considerado péssimo, corroborando com os resultados obtidos por Mello (2017) na avaliação do desempenho dos métodos para a cidade de Ituiutaba – MG.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Entre os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) estudados, o método de Blaney-Cridle se mostrou ser a melhor opção em comparativo com o padrão, sendo considerado “ótimo” e recomendado quando não se tiver muitos dados disponíveis na região de estudo. Outra opção seria utilizar o método de Radiação FAO, ambos são recomendados no uso de projetos de irrigação na região, já que seus resultados apresentaram uma boa correlação com o método padrão, Penman-Montheith-FAO.

Não se recomenda o uso do método de Hargreaves-Samani no perímetro irrigado Betume - SE, em função do seu índice de desempenho ter sido considerado como “péssimo” e por não apresentar uma correlação consistente com o método padrão.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados disponibilizados. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - BRASIL (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S., RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998. Disponível em: < <http://academic.uprm.edu/abe/backup2/tomas/fao%2056.pdf>>. Acesso em: 15 de março de 2019.

BARROS, A. C.; AGUIAR NETTO, A. O.; MEDEIROS, P.R.F.; SILVA, T. M. M. ; ALBUQUERQUE, K. A. D. . Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em perímetro irrigado no baixo São Francisco. Revista brasileira de agricultura irrigada, v. 11, p. 2183-2193, 2017. Disponível em:< <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/707>>. Acesso em: 15 de março de 2019.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 8. Disponível em:< [http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RBAGro_5\(1\)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RBAGro_5(1)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf)>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

CODEVASF. Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASAF. 4ª Superintendência regional. 2005.

DOORENBOS, J. AND PRUITT, W.O. (1977) Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 p. Disponível em:< <http://www.fao.org/3/a-f2430e.pdf>>. Acesso em: 25 de março de 2019.

MELLO, A. J. S., ROZENO, G. S., S, J. A. R., L, M. M.; Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a cidade de Ituiutaba, mg. **Revista Horizonte**

Científico, Uberlândia – MG, 2017. Disponível em:<<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/36968>>. Acesso em: 20 de março de 2019.

MILLER JR, G.T. Ciência Ambiental. Tradução All Tasks. Revisão Técnica Wellington Braz Carvalho. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. Piracicaba:

FEALQ, 1997. 183 p.

SILVA, A.A.G.; ANGELOCCI, L.R.; NOGUEIRA, L.C.; ANDRADE, C.L.T. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.2465-78.

SILVA, E. S.; Pegada hídrica da cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) na região agreste do Estado de Sergipe. 2018. 81f. Dissertação (Mestrado e Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2018. Disponível em:<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8608/2/ELIANE_SANTOS_SILVA.pdf> Acesso em: 10 de abril de 2019.

SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V.; Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 6, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000600010>>. Acesso em: 15 de março de 2019.

MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA COMO FERRAMENTA PARA OTIMIZAR O PLANEJAMENTO E MANEJO DE PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO

Elvis Felipe Elli¹; Paulo Cesar Sentelhas¹; Rafaela L. Carneiro²; Clayton A. Alvares³
Autor para correspondência: elvisfelipeelli@usp.br

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (ESALQ-USP); ²Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; ³Suzano Papel e Celulose

RESUMO

O objetivo deste estudo foi utilizar diferentes modelos agrometeorológicos mecanísticos para avaliar o efeito da variabilidade climática sobre a produtividade do eucalipto e identificar a magnitude e as causas das quebras de produtividade dessa cultura no Brasil. Quatro modelos agrometeorológicos e dados de produtividade de empresas florestais foram utilizados para avaliar o efeito da variabilidade climática sobre a produtividade do eucalipto e estimar as quebras de produtividade da cultura em diferentes regiões brasileiras. As variabilidades climáticas temporal e espacial afetaram consideravelmente a produtividade do eucalipto. O déficit hídrico foi o principal fator responsável pelas quebras de produtividade do eucalipto em todas as regiões, exceto no Sul, onde o manejo subótimo foi o principal fator. A modelagem agrometeorológica é uma ferramenta valiosa para otimizar o planejamento e manejo das plantações de eucalipto e permitir a intensificação sustentável dos sistemas florestais no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática; Déficit hídrico; Manejo subótimo

AGROMETEOROLOGICAL MODELLING AS A TOOL TO OPTIMIZE PLANNING AND MANAGEMENT OF *EUCALYPTUS* PLANTATIONS

ABSTRACT

The aim of the present study was to use different mechanistic agrometeorological models to assess the effects of climatic variability on *Eucalyptus* yield and to identify the magnitudes and causes of yield gaps in Brazil. Four agrometeorological models and yield data from forest companies were used to assess the effects of climatic variability on *Eucalyptus* yield and to estimate the yield gaps for different Brazilian regions. Temporal and spatial climatic variability substantially affected the *Eucalyptus* yield. The water deficit was the main factor responsible for *Eucalyptus* yield gaps in Brazil in all regions, except in South Brazil, where the suboptimal management was the main cause of yield gaps. Agrometeorological modelling is a powerful tool to optimize the forest planning and management and allow the sustainable intensification of forest systems in Brazil.

KEY-WORDS: Climatic variability; Water deficit; Suboptimal management

INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial vem acompanhado pela maior demanda de recursos renováveis, como aqueles oriundos de plantações florestais. As plantações de eucalipto apresentam alto potencial para atender tal demanda, uma vez que estas podem ser utilizadas para produção de celulose e papel, serraria,

biomateriais (indústria química, farmacologia e cosméticos) e bioenergia, além de representar uma alternativa importante para reduzir o desmatamento de florestas nativas. No Brasil, a área cultivada com eucalipto é de aproximadamente 7,4 milhões de hectares, o que representa em torno de 37% da área plantada mundial (IBGE, 2017). As plantações de eucalipto estão localizadas principalmente nos estados de Minas Gerais (26% da área nacional plantada), Mato Grosso do Sul (15%), São Paulo (12%), Paraná (9%), Rio Grande do Sul (8%) e Bahia (8%) (IBGE, 2017). A produtividade média do eucalipto é de aproximadamente $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, variando consideravelmente nas diferentes regiões brasileiras.

Essa variação é causada por fatores relacionados ao clima, manejo e genética. A identificação da magnitude e das principais causas das quebras da produtividade do eucalipto é essencial para o desenvolvimento de estratégias adequadas para mitigá-las. Além disso, a quantificação do efeito da variabilidade climática é fundamental para o desenvolvimento de índices de riscos climáticos que podem ser utilizados para otimizar o planejamento dos sistemas florestais. Os modelos agrometeorológicos são ferramentas valiosas para atender a essa necessidade, uma vez que eles integram informações meteorológicas, genéticas e de manejo em uma plataforma conceitual e geram estimativas confiáveis de produtividade, quando devidamente calibrados e avaliados. Estudos envolvendo modelos agrometeorológicos mais complexos (como o 3PG, APSIM e modelo da zona agroecológica - FAO) que objetivam otimizar o planejamento e manejo e assim aumentar a produtividade do eucalipto de uma forma sustentável no Brasil ainda são escassos.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste estudo foi utilizar diferentes modelos agrometeorológicos mecanísticos (FAO, APSIM-Growth, APSIM-*Eucalyptus* e 3PG) devidamente calibrados e validados para avaliar o efeito da variabilidade climática sobre a produtividade do eucalipto e identificar a magnitude e as principais causas das quebras de produtividade no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Quantificando efeitos da variabilidade climática sobre a produtividade

O modelo APSIM-*Eucalyptus* foi devidamente validado ($R^2 = 0,89$; índice de concordância de Willmott - $d = 0,97$; índice de eficiência de modelagem - $E = 0,88$) a nível nacional e então utilizado para simular a produtividade ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de 31 rotações de sete anos da cultura do eucalipto, a partir de dados meteorológicos de 1980 a 2017, com data de plantio fixada em 15 de fevereiro. Essa análise foi reproduzida para 34 localidades produtoras Brasileiras com características climáticas contrastantes, abrangendo latitudes de -30 a 0° . Foram utilizados três tipos de solo para cada localidade, a fim de considerar diferentes condições de disponibilidade hídrica: (i) solo argiloso com capacidade de água disponível (CAD) alta, de $1,52 \text{ mm cm}^{-1}$; (ii) solo areno-argiloso com CAD média, de $0,97 \text{ mm cm}^{-1}$ e (iii) solo franco-arenoso com CAD baixa, de $0,60 \text{ mm cm}^{-1}$. A profundidade efetiva do sistema radicular do eucalipto considerada foi de 3 m.

Identificando a magnitude e as principais causas das quebras de produtividade do eucalipto no Brasil

Para determinação das quebras de produtividade, três diferentes tipos de produtividade foram obtidos: potencial (PP), atingível (PA) e real (PR). A PP e PA foram simuladas em 30 localidades produtoras brasileiras a partir de uma abordagem *ensemble* dos modelos Agrometeorológicos FAO, APSIM-Growth e 3PG, os quais foram devidamente validados ($R^2 = 0,85$; $0,77$ e $0,81$; $d = 0,92$; $0,92$ e $0,93$; $E = 0,68$; $0,70$ e $0,74$ para os modelos FAO, APSIM-Growth e 3PG, respectivamente) para condições e genótipos brasileiros. Dados de produtividade real foram obtidos a partir de parcelas experimentais conduzidas em diferentes empresas florestais brasileiras, como parte do projeto “Tolerância de *Eucalyptus* Clonais ao Estresses Hídrico e Térmico” (TECHS). O plantio foi realizado de dezembro de 2011 a julho de 2012, e a idade para a avaliação da PR, PA e PP foi em média 4,5 anos. As quebras de produtividade causadas por déficit hídrico (QPwd) foram calculadas por meio da diferença entre a PP e PA, enquanto as quebras de produtividade por manejo subótimo (PQm) foram calculadas por meio da diferença entre PA e PR.

Análise dos dados

A probabilidade de ocorrência relativa da produtividade do eucalipto foi calculada para localidades contrastantes (localizadas em GO, MG, PA e SC) a partir de 31 rotações de sete anos. Adicionalmente, foi analisada a relação entre a produtividade média do eucalipto e latitude. As produtividades potencial (PP), atingível (PA), real (PR) e quebras de produtividade por déficit hídrico (QPdh), manejo (QPm) e total (QPt) da cultura do eucalipto foram demonstradas em termos médios para as diferentes regiões brasileiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade do eucalipto foi consideravelmente influenciada pela variabilidade climática temporal, sendo que a magnitude da resposta da produtividade variou de acordo com o tipo de solo (Figura 1A). No estado de GO, a produtividade do eucalipto cultivado em solo com alta CAD (argiloso) foi substancialmente maior, comparado a produtividade em solo com baixa CAD (arenoso). Por outro lado, não foram observadas diferenças consideráveis no estado de SC de acordo com os diferentes tipos de solo. Esses resultados estão de acordo com aqueles observados por Gonçalves et al. (2013). Um dos principais fatores que influenciam na interação entre o tipo de solo e a produtividade é o regime hídrico da região. Em localidades com maior déficit hídrico, como no estado de GO, levar em consideração o tipo de solo para a implantação de plantações de eucalipto é extremamente importante, enquanto em localidades com déficit hídrico baixo ou nulo, como em SC, o tipo de solo é menos influente, desde que não haja déficit nutricional em ambos os casos. Foi observada uma relação bastante clara entre a latitude e produtividade do eucalipto, sendo que latitudes mais próximas a linha do equador apresentaram produtividades menores, o que é justificado em grande parte por maiores déficits hídricos e estresses por altas temperatura. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Gonçalves et al. (2017). Tal resultado demonstra claramente o efeito do macroclima e da variabilidade climática espacial na produtividade do eucalipto.

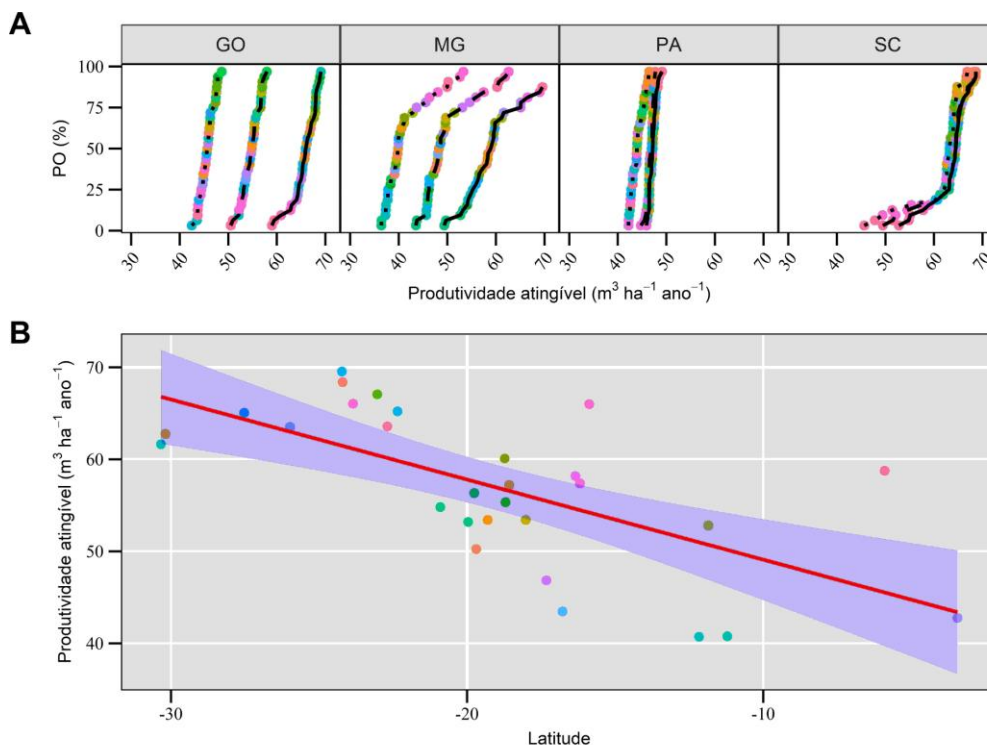


Figura 1: Probabilidade de ocorrência acumulada (POA) da produtividade atingível do eucalipto em quatro localidades produtoras brasileiras contrastantes a partir de 31 rotações de sete anos (círculos coloridos) e três tipos de solo (linhas pontilhadas = arenoso, linhas tracejadas = areno-argiloso, linhas contínuas = argiloso) (A) e relação entre a produtividade do eucalipto e latitude a partir de 34 localidades produtoras brasileiras (círculos coloridos) sobre a produtividade (B).

As quebras de produtividade do eucalipto na região Centro-Norte foram predominantemente causadas por déficit hídrico (Figura 2). Por outro lado, na região Sul do Brasil, a principal causa das quebras de

produtividade foi o manejo subótimo. Na região Centro-Norte, as principais estratégias para mitigar os efeitos do déficit hídrico são o uso de genótipos tolerantes, melhoria do preparo de solo para aumentar a infiltração de água e a profundidade efetiva do sistema radicular e uso de plantio mais amplos (Gonçalves et al., 2017). Na região Sul, a melhoria da fertilização do solo, o uso de mudas de qualidade, o controle de doenças, pragas e plantas daninhas e a análise do histórico da área frente a ocorrência de incêndios florestais, tempestades de vento e alagamentos são estratégias promissoras para mitigar as quebras de produtividade por manejo subótimo (Gonçalves et al., 2013; Stape et al., 2001). Além disso, a integração de estratégias climáticas, de manejo e genéticas são extremamente importantes para a melhoria da produtividade florestal. Nesse contexto, a escolha de clones adaptados às características climáticas específicas de cada região é uma estratégia muito importante para aumentar a resiliência e produtividade de sistemas florestais.

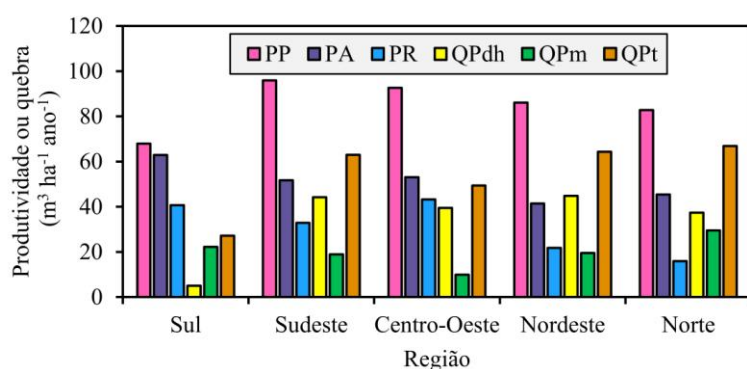


Figura 2: Produtividades potencial (PP), atingível (PA), real (PR) e quebras de produtividade por déficit hídrico (QPdh), manejo (QPm) e total (QPt) da cultura do eucalipto em diferentes regiões brasileiras.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As variabilidades climáticas temporal e espacial afetaram consideravelmente a produtividade do eucalipto, sendo que o padrão de resposta foi dependente do tipo de solo. As quebras de produtividade foram predominantemente causadas por déficit hídrico na região Centro-Norte do Brasil, já na região Sul, o manejo subótimo foi o principal fator responsável pelas quebras. Esse estudo demonstra que os modelos agrometeorológicos são ferramentas poderosas que podem ser utilizadas em diferentes abordagens para otimizar o planejamento e manejo das plantações de eucalipto e permitir a intensificação sustentável dos sistemas florestais no Brasil.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O primeiro autor gostaria de agradecer a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo N° 2016/26014-6) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo N° 155784/2016-1) pelo suporte neste estudo por meio da bolsa de doutorado. O segundo autor gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa de produtividade (Nível 1A). Agradecemos as empresas florestais, universidades e institutos de pesquisa que participaram da condução do projeto TECHS - IPEF.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Gonçalves, J.L., Alvares, C.A., Rocha, J.H., Brandani, C.B., Hakamada, R., 2017. Eucalypt plantation management in regions with water stress. *South. For. a J. For. Sci.* 1–15.

Gonçalves, J.L. de M., Alvares, C.A., Higa, A.R., Silva, L.D., Alfenas, A.C., Stahl, J., Ferraz, S.F. de B., Lima, W. de P., Brancalion, P.H.S., Hubner, A., Bouillet, J.P.D., Nouvellon, Y., 2013. Integrating genetic

and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. *For. Ecol. Manage.* 301, 6–27.

IBGE, 2017. The Brazilian Institute of Geography and Statistics. URL: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>. Accessed 02 May 2019.

Stape, J.L., Gonçalves, J.L.M., Gonçalves, A.N., 2001. Relationships between nursery practices and field performance for Eucalyptus plantations in Brazil. *New For.* 22, 19–41.

UTILIZAÇÃO DO MODELO “ZAE” PARA A INDICAÇÃO DE DATAS DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS-GO

Jéssica Sousa Paixão¹; Derblai Casaroli¹; Rafael Battisti¹; José Alves Júnior¹; Adão Wagner Pêgo Evangelista¹

Autor para correspondência: jsousa.paixao@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás, Goiânia

RESUMO

A época de plantio e colheita da cana-de-açúcar visa potencializar o retorno econômico desta atividade, uma vez que esta cultura apresenta, durante seu ciclo, um momento de maior acúmulo de sacarose nos colmos. O objetivo deste trabalho foi de aplicar o modelo agrometeorológico ZAE (Zona Agro-Ecológica) simulando cenários com diferentes datas de plantio da cana-de-açúcar para as condições edafoclimáticas do município de Quirinópolis-GO. Para isto, foram utilizadas médias de dados climáticos de 30 anos de observação e características físico-hídricas do solo característico do município. Foram simulados ciclos de 12 meses de cultivo, com plantios realizados duas vezes ao mês. Contudo, os maiores valores de produtividade atingível (PA), com restrição hídrica, foram detectados no intervalo de datas de plantio entre 16/abril a 16/agosto (114,76 t ha⁻¹). Por outro lado, observaram-se menores variabilidades de PA no intervalo de 01/agosto a 16/outubro ($\sigma \pm 10,30$ t ha⁻¹). Recomendam-se o intervalo de datas de plantio/colheita entre 16/abril a 16/agosto por obterem maiores médias de produtividade e desvios numericamente menores que a média geral ($\sigma \pm 11,53$ t ha⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: Saccharum spp.; Condições edafoclimáticas; Cerrado goiano.

USE OF THE "ZAE" MODEL FOR THE INDICATION OF SUGAR CANE PLANT DATES IN THE QUIRINÓPOLIS-GO MUNICIPALITY

ABSTRACT

The time of planting and harvesting of sugarcane aims to potentiate the economic return of this activity, since this crop presents, during its cycle, a moment of greater accumulation of sucrose in the culms. The objective of this work was to apply the agrometeorological model ZAE (Agro-Ecological Zone) simulating scenarios with different planting dates of sugarcane for the edaphoclimatic conditions of the municipality of Quirinópolis-GO. For this, averages of climatic data of 30 years of observation and physical-water characteristics of the soil characteristic of the municipality were used. From this, cycles of 12 months of cultivation were simulated, with plantations carried out twice a month. However, the highest values of attainable productivity (PA), with water restriction, were detected in the planting date range between April 16 and August 16 (114.76 t ha⁻¹). On the other hand, there were lower variability of BP in the interval from 01/August to 16/October ($\sigma \pm 10.30$ t ha⁻¹). The range of planting/harvest dates between 16/April and 16/August is recommended to obtain higher productivity averages and deviations numerically lower than the general average ($\sigma \pm 11.53$ t ha⁻¹).

KEY-WORDS: Saccharum spp.; Soil and climatic conditions; Brazilian Savannah in Goiás

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, contribuindo com 20% da produção global (ÚNICA, 2018). Goiás é um dos principais Estados produtores de cana-de-açúcar, sendo os cultivos, tradicionalmente, sem irrigação. Sabe-se que o déficit hídrico pode inferir quebras de produção daquela cultura, principalmente na fase inicial de brotação e durante a fase de crescimento vegetativo intenso (BASNAYAKE et al., 2015). Devido a isto, torna-se fundamental conhecer o período ideal para a realização do plantio da cana-de-açúcar, sendo uma das formas mais baratas de mitigar o efeito do déficit hídrico na cultura. Para a detecção das datas de plantio adequadas, muitas vezes se utilizam as simulações numéricas, com base nas exigências agroclimáticas da cultura e as condições climáticas locais.

O modelo da Zona Agroecológica (ZAE) - FAO (DOORENBOS; KASSAM, 1979) divide-se basicamente em duas etapas: i) determinação da produtividade potencial [PP] (sem a ocorrência de estresse); e ii) a penalização da PP pelo déficit hídrico, denominada de produtividade atingível [PA]. Este modelo permite analisar as relações existentes entre as condições climáticas e a produtividade de diferentes culturas, sendo uma ferramenta de auxílio na determinação de estratégias de manejo em busca de maiores produtividades, diminuindo os riscos relacionados a adversidades climáticas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo identificar a melhor data e/ou intervalo de plantio da cana-de-açúcar a partir de sua produtividade atingível, para o município de Quirinópolis-GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo ZAE-FAO foi utilizado para a determinação da produtividade atingível (PA, t ha⁻¹) da cana-de-açúcar, cultivada em condições de sequeiro, no município de Quirinópolis-GO (18°26'52''S; 50°27'07''W). As simulações foram realizadas duas vezes ao mês, para o primeiro e 16º dia, sendo o ciclo da cultura de 12 meses. Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa média do ar, velocidade do vento e irradiação solar global incidente média foram estimados por Xavier et al. (2015), para uma série histórica de 34 anos (1980 a 2014). O Fotoperíodo (N, horas) e a irradiação solar extraterrestre (Q_o, MJ m⁻² dia⁻¹) foram calculados conforme Allen et al. (1998). A insolação real (n, horas) foi obtida pela metodologia proposta por Angstrom-Prescott e Hargreaves (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência (E_{To}, mm dia⁻¹) foi estimada pelo método Penman-Monteith, padrão-FAO (Allen et al., 1998), e a evapotranspiração real da cultura (ETR, mm dia⁻¹) determinada no balanço hídrico da cultura (THORNTHWAITE; MATHER, 1955).

As características do solo foram obtidas do projeto RADAMBRASIL (1974). Selecionou-se um grid de pontos disponíveis dentro do Estado de Goiás, extraíndo-se a areia total e a profundidade do solo (m). Com isto, com uma função de pedotransferência (LOPES-ASSAD et al., 2001) determinou-se a água disponível, de 0,77 mm cm⁻¹ de raiz. Sendo a água total disponível (ATD) dependente da profundidade do solo, que variou nas diferentes regiões de Goiás, esta foi limitada a um valor máximo de 0,80 m, referente a profundidade efetiva do sistema radicular da cana-de-açúcar (BONI et al., 2008), e um valor mínimo de 0,15 m.

Para todas as datas de plantio considerou-se haver água disponível para a emergência da planta, seja pelo uso de irrigação ou chuva. A partir disso, determinou-se a produtividade média geral com intervalo de confiança de 95%. Também foi calculado o desvio-padrão das produtividades simuladas para cada data. O melhor período para a colheita em Quirinópolis foi determinado considerando as datas que obtiveram uma produtividade média acima do intervalo de confiança da média geral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma variabilidade sazonal na produtividade atingível (PA) simulada para a cana-de-açúcar (Figura 1A). A produtividade média variou de 83,27 t ha⁻¹ a 118,47 t ha⁻¹, para as datas de plantio de 01/12 e 16/05, respectivamente (Figura 1A). A PA obteve uma média de 101,31 t ha⁻¹ ($\sigma \pm 12,42$ t ha⁻¹), com variabilidade de 12,25% da média (Figura 1B). A produtividade média para Quirinópolis é de 80,12 t ha⁻¹

($\sigma \pm 8,0 \text{ t ha}^{-1}$) (IBGE, 2019). Os maiores valores de produtividade foram encontrados nos meses de abril a agosto, com destaque para o plantio no mês de maio, onde obtiveram-se a maior média e um desvio-padrão inferior à média geral (Figura 1).

Foi possível observar que 50% das datas apresentaram valores de PA inferiores à média geral e, 54% apresentaram valores de desvio-padrão inferiores ao desvio médio geral (Figura 1). Na mesma figura, observou-se que 16,66% das datas estão dentro do intervalo de confiança, 41,66% abaixo, e 41,67% acima ou dentro do intervalo de confiança. Uma análise de regressão demonstrou uma tendência geral de maiores produtividades em função dos menores desvios-padrão ($R^2 = 0,5325$).

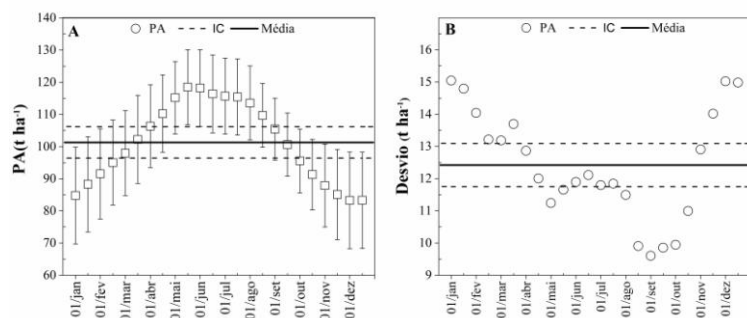


Figura 1: Produtividade atingível (PA) da cana-de-açúcar (A) e seus respectivos desvios padrão (σ) (B), para o município de Quirinópolis-GO. Em ambos os gráficos a “PA” e o “ σ ” médios são representados por uma linha contínua; o intervalo de confiança de 95% (IC) são as linhas pontilhadas; e as barras de erros são os desvios-padrão.

Confrontando os resultados obtidos pelo modelo ZAE-FAO ao zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (MAPA, 2019), verificou-se que existem consideráveis diferenças no período de plantio e no comprimento do período. O período de plantio indicado pelo ZARC é de 01/10 a 31/03, para solos de textura arenosa, de 01/10 a 10/04 para solos médios, e de 01/10 a 10/06 para solos argilosos, diferindo-se do modelo ZAE-FAO. Isto ocorre devido ao ZARC levar em consideração apenas a disponibilidade hídrica em função das chuvas da região e da capacidade de armazenamento da água no solo.

Redução no acúmulo de fitomassa foram observadas em déficits hídricos relativamente grandes ($>120 \text{ mm}$) e o acúmulo de sacarose é reduzido somente após aumentos adicionais na eficiência da água do solo ($> 145 \text{ mm}$) (INMAN-BAMBER, 2004). O déficit hídrico no período vegetativo pode ocasionar a redução no alongamento dos colmos, em torno de 60%, 55 a 75% n seu diâmetro, 35% na fitomassa e 25% nos sólidos solúveis (ECCO et al., 2014; MACHADO et al., 2009).

Em contrapartida, a colheita nas datas de 16/04 a 16/08, seriam favorecidas pela redução do volume de chuvas entre abril e setembro, na qual corresponde ao período de ocorrência da maturação, o que favorece um maior acúmulo de sacarose nos colmos, pois a capacidade fotossintética decresce, há uma diminuição na taxa de crescimento da planta, refletindo positivamente sobre acúmulo de açúcares (DIOLA; SANTOS, 2010; CARDOZO et al., 2015).

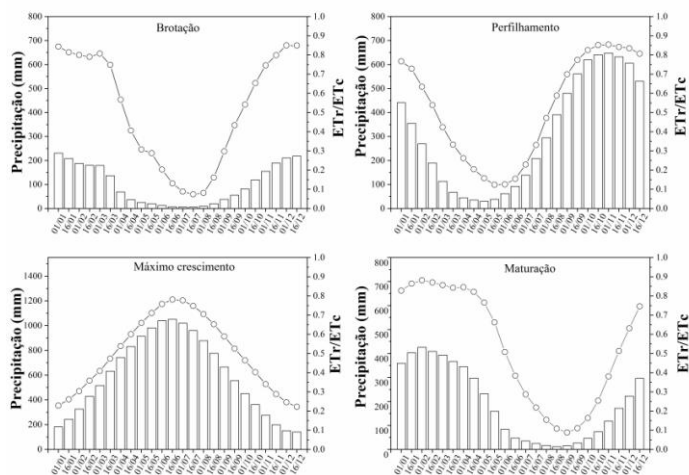


Figura 2: Precipitação pluviométrica acumulada (barras) e a relação entre a evapotranspiração real e a potencial de cultura (ETR/ETc), nas diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar, para as 24 datas de plantio

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O período recomendado para o plantio da cana-de-açúcar no município de Quirinópolis-GO é de 16/abril a 16/agosto. A produtividade atingível média simulada foi de 101.31 t ha^{-1} , com variabilidade de 12,25%. A colheita nos meses de abril a setembro, seriam favorecidas pelos baixos índices pluviométricos na região.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG) e, a CAPES pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- ASSAD, Maria Leonor Lopes et al. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 588-596, 2001.
- BASNAYAKE, J. et al. Sugarcane for water-limited environments. Variation in stomatal conductance and its genetic correlation with crop productivity. **Journal of experimental botany**, v. 66, n. 13, p. 3945-3958, 2015.
- BONI, Guislain et al. Distribuição do sistema radicular do cajueiro-anão precoce (clone CCP-09) em cultivo irrigado e sequeiro, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, 2008.
- CARDOZO, Nilceu P. et al. Modeling sugarcane ripening as a function of accumulated rainfall in Southern Brazil. **International journal of biometeorology**, v. 59, n. 12, p. 1913-1925, 2015.
- ECCO, Martios; SANTIAGO, Etenaldo Felipe; LIMA, Paulo Ricardo. Respostas biométricas em plantas jovens de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico e ao alumínio. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 59-67, 2014.
- DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool - tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2010. cap. 2, p. 25-49.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and drainage paper**, v. 33, p. 257, 1979.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field crops research**, v. 89, n. 1, p. 107-122, 2004.

RADAM Brasil. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 4. 1974. (In

MACHADO, Ricardo Silverio et al. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, 2010.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/safra-vigente/goias>>. Acesso em: 21 Abril 2019.

NOVACANA, Brasil deve perder coroa de maior produtor mundial de açúcar. Disponível em<<https://www.novacana.com/n/acucar/mercado/brasil-perder-coroa-maior-produtor-mundial-acucar-221118>, acesso em: 19/01/2019. THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. Publications in Climatology.

XAVIER, Alexandre C.; KING, Carey W.; SCANLON, Bridget R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

AValiação DE BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS EM GRADE: UMA COMPARAÇÃO PARA RIO VERDE-GO

MAYARA PAIVA SIQUEIRA¹; NATHÁLIA APARECIDA ARAÚJO LEÃO²; LUCAS DA COSTA SANTOS³; SANDRA MÁSCIMO DA COSTA E SILVA³

Autor para correspondência: mayarapaivanpciap@hotmail.com

¹Engenheira agrícola pela Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO; ²Discente de Graduação na Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO; ³Professor/ Pesquisador da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar dados observados da estação meteorológica convencional localizada no Sudoeste Goiano com dados obtidos em duas bases de dados meteorológicos em grade (Xavier e AgMerra). Para realização deste trabalho foram utilizados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) obtidos em estação meteorológica localizada no município de Rio Verde, compreendendo o período de 1980 a 2010. As variáveis utilizadas neste estudo foram: temperaturas máxima e mínima do ar, radiação solar e umidade do ar. Para a avaliação dos dados meteorológicos provenientes das bases de dados, foram utilizados os indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d) e erro médio relativo (EMR). Concluiu-se que a base de dados Xavier apresenta uso satisfatório para o preenchimento de falhas e estimação de dados meteorológicos na região do município de Rio Verde, Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia estatística; Xavier; AgMerra

METEOROLOGICAL DATA BASE ASSESSMENT IN GRID: A COMPARISON FOR SOUTHWEST OF THE RIO VERDE

ABSTRACT

The objective of this study was to compare observational meteorological data from a conventional meteorological station located in Southwest Goiás State with data obtained from two meteorological grid databases (Xavier and AgMerra). In order to carry out this work, data from the National Institute of Meteorology (INMET) obtained from a meteorological station located in the city of Rio Verde were used, covering the period from 1980 to 2010. The variables used in this study were: maximum and minimum air temperature, solar radiation and air humidity. For the evaluation of the meteorological data from the databases, statistical indicators were used: coefficient of determination (R^2), concordance or accuracy index (d) and relative mean error (RME). It was concluded that the Xavier database presents satisfactory use for the filling of faults and estimation of meteorological data in the region of the municipality of Rio Verde, Goiás, Brazil.

KEY-WORDS: Statistical Climatology; Xavier; AgMerra

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade diretamente dependente do clima e as alterações que naturalmente ocorrem nas variáveis meteorológicas podem comprometer a rentabilidade desta importante atividade econômica.

Nesta perspectiva, o conhecimento e entendimento da variabilidade existente nestas variáveis se configura como importante ferramenta na realização de zoneamentos agrícolas e no auxílio às tomadas de decisão em diversas práticas agrícolas, tais como: preparo do solo, manejos de irrigação, aplicação de defensivos agrícolas e indicação de épocas de semeadura, dentre outros (PEREIRA et al., 2008).

De modo geral, as principais variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas além de outras atividades agrícolas comuns no meio rural, são: a radiação solar, a precipitação, a velocidade dos ventos, as temperaturas máxima e mínima e a umidade do ar. Estas variáveis são normalmente medidas e registradas em estações meteorológicas. No entanto, em função da baixa densidade de estações no território brasileiro, é comum a inexistência de dados em determinadas regiões ou até mesmo a presença de falhas de registro em séries históricas existentes, o que fomenta o interesse por técnicas de estimativa de dados meteorológicos e preenchimento de falhas que auxiliem na minimização destes gargalos.

No tocante apenas ao preenchimento das falhas dos dados meteorológicos observados, podem ser utilizados dados estimados a partir de diversas metodologias, dentre as quais, pode-se citar as propostas desenvolvidas por Ruane et al. (2015) e Xavier et al. (2015). Esta penúltima é mais conhecida como AgMerra, que é a sigla em inglês para um projeto que envolve a criação de bancos de dados meteorológicos voltados para modelagem agrícola.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Comparar dados observacionais de estação meteorológica convencional localizada em Rio Verde/Goiás com os obtidos em duas bases de dados meteorológicos em grade, AgMerra e Xavier.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) obtidos em estação meteorológica localizada no Sudoeste Goiano. Os dados analisados provêm da estação meteorológica de Rio Verde/GO (17,8°S; 50,91°W e 780 m). As variáveis meteorológicas utilizadas para a realização do estudo foram: temperatura mínima (T_{\min} , °C), temperatura máxima (T_{\max} , °C), umidade do ar (UR, %) e insolação (n, horas) para o período de 1980 a 2010. Os dados de insolação foram utilizados para estimar a radiação solar (Rad, MJ m⁻² d⁻¹), a qual, por sua vez, foi estimada a partir do modelo de Angstrom-Prescott (Angstrom, 1924; Prescott, 1940).

O acesso aos dados meteorológicos observados ocorreu por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>. Após a coleta, os dados foram armazenados, processados e organizados em planilhas no programa computacional Microsoft Excel.

Os dados estimados a serem comparados com os dados observacionais foram obtidos a partir do banco de dados desenvolvido por Xavier et al. (2015) e Ruane et al. (2015); este último compõe a base de dados utilizada pelo Projeto de Intercomparação e Melhoria de Modelos Agrícolas (AgMIP, sigla em inglês), denominada AgMerra. A obtenção dos dados foi possível a partir dos seguintes sítios: <https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA> e <https://data.giss.nasa.gov/impacts/agmipcf/agmerra>. Doravante, as bases serão tratadas apenas como Xavier e AgMerra.

Após a aquisição dos dados, foram realizadas análises comparativas entre dados observados e estimados (Xavier e AgMerra) por meio dos índices estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d) e erro médio relativo (EMR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento das variáveis meteorológicas temperaturas máxima e mínima do ar, radiação solar e umidade relativa do ar observadas e estimadas (Xavier e AgMerra) no município de Rio Verde-GO está representado na Figura 1.

FIGURA 1 – Comparação entre dados observados e estimados de temperatura máxima do ar (T_{max} , °C); temperatura mínima do ar (T_{min} , °C); radiação solar (Rad, $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e umidade relativa do ar (UR, %) para o município de Rio Verde-GO.

A base Xavier apresentou valores de R^2 iguais a 0,99; 0,99; 0,31 e 0,94 para as variáveis $T_{máx}$, $T_{mín}$, Rad e UR. Quanto a base AgMerra, esta apresentou valores para o mesmo indicador estatístico iguais a 0,40; 0,63; 0,17 e 0,41 para as variáveis $T_{máx}$, $T_{mín}$, Rad e UR, nesta ordem.

No tocante, especificamente aos dados de Rad, observou-se que, tanto para a base Xavier quanto para AgMerra, os dados apresentaram comportamento peculiar de ajuste de dados, com estes partindo de um único ponto. Provavelmente, este comportamento deve-se à influência dos coeficientes linear e angular utilizados na equação de Angstrom-Prescott, que não foram adequados para a estimativa da Rad em Rio Verde. Para locais que não dispõem de coeficientes ajustados localmente, como é o caso da região avaliada neste estudo, normalmente utiliza-se os valores sugeridos por Glover e McCulloch (1958), os quais podem reproduzir comportamentos como os verificados na comparação entre as bases estudadas.

As variáveis meteorológicas $T_{máx}$ e $T_{mín}$ estimadas a partir da base Xavier apresentaram resultados satisfatórios para todos os índices estatísticos, conforme pode ser observado na Figura 1. Quanto às estimativas obtidas a partir da base AgMerra, o desempenho desta foi apenas mediano, com valores do índice “d” iguais a 0,71 e 0,85 para a $T_{máx}$ e $T_{mín}$, respectivamente. Parte da baixa concordância entre os dados observados e os obtidos da base AgMerra é atribuído a maior resolução de sua grade de interpolação ($0,5^\circ$). De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo foram similares aos verificados por Oliveira-Júnior et al. (2015), que ao avaliarem a eficiência dos modelos empíricos de Zolnier e Campbell-Norman, na estimativa da variação diária da temperatura do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, encontraram valores de R^2 de 0,71 e 0,87 para o modelo de Campbell-Norman e de Zolnier, respectivamente.

Para a umidade relativa do ar (%), observou-se que os melhores resultados foram obtidos para a comparação entre os dados observados e os obtidos a partir da base Xavier, com $R^2 = 0,94$; $d = 0,98$ e $EMR = 0,06$. Quanto a base AgMerra, verificou-se R^2 igual a 0,41 e EMR igual a 0,51, o que retrata o pior desempenho desta base. De acordo com Ruane et al. (2015), esta base apresenta superestimação em regiões tropicais, o que pode estar associado, no caso do Brasil, a menor densidade de estações meteorológicas na região em que se insere a área de estudo.

De modo geral, verificou-se que os dados meteorológicos obtidos a partir da base Xavier apresentaram os melhores índices estatísticos para todas as variáveis meteorológicas analisadas, o que demonstra que, quando comparada ao banco de dados de AgMerra, a base Xavier pode ser utilizada satisfatoriamente para o preenchimento de falhas de dados faltantes. Este resultado pode ser atribuído ao fato da base Xavier consistir em um banco de dados diários de várias estações localizadas apenas no Brasil, enquanto AgMerra utiliza dados obtidos de estações localizadas em diversas regiões do globo, o que faz da primeira uma melhor preditora.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Para o município de Rio Verde, o banco de dados de Xavier apresentou os melhores resultados para todas as variáveis analisadas. Dentre as variáveis investigadas, a temperatura máxima, a temperatura mínima e a umidade relativa do ar apresentaram os melhores índices estatísticos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANGSTROM, Anders. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.50, n. 210, p. 121-126, 1924.

GLOVER, J.; McCULLOCH, J.S.G. The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, n.360, 1958

OLIVEIRA-JÚNIOR, José de; LYRA, Gustavo; MENDES, Lislaine. Modelos de Zolnier e Campbell-Norman para estimativa da temperatura do ar no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, n.8, 2015.

PEREIRA, Livia Maria Pederzini; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian da Silva; CAVIGLIONE, João Henrique. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, n. 2, 2008.

PRESCOTT, J.A. Evaporation from water surface in relation to solar radiation. **Transactions of the Royal Society of South Australia**. v.64, p. 114–118. 1940.

RUANE, Alex. C.; GOLDBERG, Richard; CHRYSSANTHACOPOULOS, James. Climate forcing datasets for agricultural modeling: Merged products for gap-filling and historical climate series estimation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Nova York, n. 2015, 2015.

XAVIER, Alexandre. C., KING, Carey. W.; SCANLON, Bridget. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, Espirito Santo, n.6, 2015.

EQUAÇÃO DE ANGSTROM-PRESCOTT NA ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO GLOBAL EM DIFERENTES LATITUDES DA AMAZÔNIA

Adilson Pacheco de Souza^{1,2,3}; Charles Campoe Martim^{2,3}; Wisnel Joseph; Luana Bouvié²; Daniela Roberta Borella²

Autor para correspondência: pachecoufmt@gmail.com

¹Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT; ²Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT; ³Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT

RESUMO

A insolação (n) apresenta correlação direta com a radiação global incidente na superfície (Hg), com destaques para o modelo Angstrom-Preccott. Todavia, nessas correlações ocorrem influências atmosféricas e geográficas que podem afetar o desempenho das estimativa da radiação. Objetivou-se avaliar o desempenho de nove modelos simplificados na estimativa da radiação global com base na insolação para a Amazônia brasileira. Os dados foram obtidos junto ao BDMEP do INMET para Rio Branco-AC, Macapá-AP, Manaus-AM e Sinop-MT (diferentes latitudes); posteriormente, os dados foram separados em agrupamentos anuais, sazonais e mensais, com distribuições de 70 e 30% de dados para calibração e validação, respectivamente. Com base no desempenho estatísticos dos modelos avaliados, o modelo linear simples (modelo 1) se sobressaiu ao polinomial de segundo e terceiro grau. A inserção da latitude e a altitude não melhorou o desempenho dos modelos dependentes dessas variáveis. Em função da sua simplicidade, o modelo linear clássico de Angstrom-Preccott é recomendado para a estimativa da radiação global com base na insolação para a Amazônia brasileira. Recomenda-se as seguintes equações para as cidades avaliadas: Rio Branco (Hg/Ho = 0,2819 + 0,4405 (n/N)); Macapá (Hg/Ho = 0,2418 + 0,5193 (n/N)); Manaus (Hg/Ho = 0,2356 + 0,4856 (n/N)) e Sinop (Hg/Ho = 0,3041 + 0,4458 (n/N)), respectivamente, independentemente da época do ano.

PALAVRAS-CHAVE: modelos simplificados; desempenho estatístico; insolação

ANGSTROM-PRESCOTT EQUATION IN THE GLOBAL RADIATION ESTIMATE IN DIFFERENT LATITUDES OF THE AMAZON

ABSTRACT

The insolation (n) presents direct correlation with the surface incident global radiation (Hg), with highlights for the Angstrom-Preccott model. However, in these correlations there are atmospheric and geographic influences that can affect the performance of the radiation estimation. The objective of this study was to evaluate the performance of nine simplified models in the estimation of global radiation based on insolation for the Brazilian Amazon. The data were obtained from BDMEP of INMET for Rio Branco-AC, Macapá-AP, Manaus-AM and Sinop-MT (different latitudes); later, the data were separated into annual, seasonal and monthly clusters, with distributions of 70 and 30% of data for calibration and validation, respectively. Based on the statistical performance of the models evaluated, the simple linear model (model 1) excelled the second and third degree polynomial. The insertion of latitude and altitude did not improve the performance of the models dependent on these variables. Due to its simplicity, the classic Angstrom-Preccott linear model is recommended for the estimation of global radiation based on insolation for the Brazilian Amazon. The following equations are recommended for the cities evaluated: Rio Branco (Hg / Ho = 0.2819 + 0.4405 (n / N)); Macapá (Hg / Ho = 0.2418 + 0.5193 (n / N)); Manaus (Hg / Ho = 0.2356 + 0.48856 (n / N)) and Sinop (Hg / Ho = 0.3041 + 0.4458 (n / N)), respectively, regardless of the time of year.

KEY-WORDS: simplified models; statistical performance; sunshine

INTRODUÇÃO

A Amazônia é um dos cinco biomas brasileiros e apresenta extensão de 5.020.000 Km², abrangendo os estados da região Norte, além de uma parte do Maranhão que faz parte da região Nordeste e boa parte do estado Mato Grosso que está inserido na região Centro-Oeste do Brasil (IBGE, 2019). Esse bioma possui uma grande biodiversidade em função do alto regime hídrico aliado a pequena variação da radiação ao longo do ano. Recentemente o aumento do desmatamento na Amazônia, em função da expansão agropecuária e extrativista, tem mostrado rápidas alterações no uso e ocupação do solo, principalmente nas regiões de transição com outros biomas.

Independentemente de aplicações na produção agropecuária ou em estudos ambientais, um dos principais fatores meteorológicos característicos da região é a radiação solar incidente (radiação global), que em geral, tem suas medidas de rotina concentradas em outras regiões do Brasil. A baixa densidade de estações meteorológicas automáticas na região amazônica deve-se a logística de acesso, necessidade de manutenções periódicas, custos elevados dos equipamentos, dentre outros. Nesse sentido, ainda é importante a busca por formas alternativas de obtenção da radiação solar incidente na superfície, principalmente pela aplicação de modelos simplificados (que empregam variáveis com maior facilidade e disponibilidade de medidas).

Dentre os diferentes modelos de estimativa da radiação solar global, destacam-se os baseados na insolação (n), proposto por Angstrom-Prezcott (1940), que indica que a razão de insolação (n/N) e a transmissividade atmosférica (H_g/H_o) são linearmente dependentes. Esse modelo foi sofrendo modificações ao longo do tempo, com a inserção de novas variáveis meteorológicas a fim de melhorar seu desempenho.

A equação de Angstrom-Prezcott pode ser utilizada com base em dados diários, quinzenais, mensais, sazonais e anuais. Os seus coeficientes (a e b) dependem da latitude, época do ano e altitude, e variam em função das mudanças no tipo e espessura de nuvens e concentração de poluentes na atmosfera regional. Para localidades que não dispõem destes coeficientes, a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) recomenda a utilização de $a = 0,29 \cdot \cos(\text{latitude})$ e $b = 0,52$ (ALLEN et al., 1998). Porém, o ideal é que esses coeficientes sejam calibrados localmente, permitindo assim, obter valores mais confiáveis de radiação global.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos a fim de ajustar os coeficientes linear e angular (a e b) e encontrando boas correlações entre a razão de insolação e a transmissividade atmosférica em diversas localidades brasileiras, com destaque para Ribeiro et al. (2018) no Piauí, Antunes Junior et al. (2017) em Goiás, Silva et al. (2017) em Botucatu-SP, Martim et al. (2014) em Sinop-MT, Silva (2014) em Petrolina-PE, Carvalho et al. (2011) em Seropédica-RJ, dentre outros. Porém em função da variabilidade climática, ainda existe a necessidade de ajustes regionais para melhoria do desempenho de estimativas da radiação global com base na insolação, principalmente no bioma amazônico.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se avaliar o desempenho de nove modelos simplificados na estimativa da radiação solar global (H_g) baseados na insolação (n) para quatro cidades (diferentes latitudes) da região amazônica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados meteorológicos foram provenientes das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) onde os valores horários foram integrados na partição diária com correção para o horário local (Quadro 1). No tratamento dos dados, os valores nulos (células sem a presença de valores com a presença do NULL) de insolação diária e radiação nas 10, 11, 12, 13 e 14 horas no horário local, transmissividade acima de 82% e

razão de insolação acima de 1 e abaixo de 0 foram excluídos da base de dados e contabilizados como perdas(%).

Tabela 1: Cidades, estados, latitude, longitude, altitude, período utilizado, número total de dados e porcentagem de perdas utilizadas nesse estudo para a calibração e validação dos nove modelos utilizados.

Cidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	Número de dados	Perdas (%)
Rio Branco – AC	-9,95	-68,15	220	07/2008 - 06/2018	3642	36
Macapá - AP	-0,05	-51,13	27	12/2013 - 06/2018	1662	27
Manaus – AM	-3,12	-59,95	67	05/2000 - 06/2018	6627	26
Sinop - MT	-11,97	-55,55	371	10/2006 - 06/2018	1667	41

Os modelos simplificados da estimativa da radiação utilizados neste trabalho (Equação 1 a 9) são baseados na insolação (n), fotoperíodo (N), radiação no topo da atmosfera (H_0), altitude (Z) e latitude (L) respectivamente. A radiação global ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e insolação (horas) foram obtidos na partição diária, o valor da radiação extraterrestre ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e fotoperíodo (horas) foram calculados segundo a equação proposta por Allen et al. (1998). Os valores de razão de insolação (n/N) e transmissividade atmosférica (H_g/H_0) foram calculados para ajustar as equações de 1 a 9.

Na calibração e validação dos coeficientes dos modelos simplificados foram utilizados 70% e 30% do banco de dados. Na validação dos modelos, utilizou-se o erro relativo médio (MBE), quadrado do erro relativo médio (RMSE) expressos em $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$ e o índice de Willmott (d) com valor adimensional, que estão representados na equação 10, 11 e 12. Empregou-se a metodologia do valor ponderado (VP) para comparar o desempenho dos modelos, onde do melhor para o pior desempenho foi fornecido valores crescentes.

em que: P_i - valores estimados; O_i - valores medidos; N - número de observações; P_{im} - valor absoluto da diferença entre P_i e a média de O_i ; O_{im} - valor absoluto da diferença entre O_i e a média de O_i .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos 1, 2, e 3 (Tabela 2), mostraram que o aumento do grau do polinômio não influenciou na estimativa dos coeficientes, zerando o coeficiente c do modelo 2 e os coeficientes c e d do modelo 3 que no final resultou apenas o modelo 1. Os modelos 5, 6 e 8 mostraram que a latitude e a altitude pouco influenciaram no ajuste dos coeficientes, pois as cidades avaliadas pertencem ao mesmo fuso (-0 a -15° sul). Os modelos 4, 7 e 9 tiveram um desempenho satisfatório. Analisando mensalmente os ajustes, para Sinop em todos os modelos, os meses de junho, julho e agosto obtiveram o pior coeficiente de determinação, que é em função de uma maior transmissividade pela baixa presença de nuvens (SOUZA et al., 2016) gerando assim valores de transmissividade e razão de insolação com pouca variação. Sendo assim, na calibração para Sinop (Tabela 2), os modelos 1, 4, 7 e 8 foram os que melhor se ajustaram, onde para Rio Branco, Macapá e Manaus utilizou-se apenas esses modelos (Tabela 3).

Nos modelos 1, 4, 8 e 9 (Tabela 2 e 3) nas cidades avaliadas, quando se compara o coeficiente de determinação, os que estão na escala anual apresentam valores superiores ou próximos ao encontrado na escala sazonal e mensal, que ocorre em função da alta variabilidade dos valores na escala anual, o que não acontece em alguns meses do ano, principalmente na estação seca (junho, julho e agosto), que nesse estudo ficou mais evidente para a cidade de Sinop.

Os nove modelos ajustados e validados mensalmente (Figura 1) na estimativa da radiação global, o erro relativo médio oscilou de -1,74 a 1,03 MJ m⁻² d⁻¹, o quadrado relativo do erro médio variou de 0,01 a 11,02 MJ m⁻² d⁻¹ e índice de Willmott de 0,80 a 0,97. Quando se compara o modelo 1 versus a média dos outros modelos o MBE foi de 0,007 e -0,017 MJ m⁻² d⁻¹, RMSE de 1,57 e 1,81 MJ m⁻² d⁻¹, índice de Willmott de 0,91 e 0,90.

O Modelo 1 em todas as cidades e agrupamentos de dados testados apresentou o melhor desempenho e por sua simplicidade em relação aos outros modelos avaliados neste estudo, agora em diante o mesmo será mais detalhado conforme explicitado na Tabela 4. Conforme a soma do valor ponderado (VP) para as quatro cidades, as equações calibradas e validadas no mesmo agrupamento de dados (anual, sazonal ou mensal) apresentaram um melhor desempenho quando se compara a calibração em um agrupamento maior aplicado no menor.

Tabela 2: Coeficientes paramétricos e de determinação (R²) ajustados para nove modelos simplificados de estimativa de Hg com base em n/N, em Sinop-MT (dado de 10/06 a 06/18).

Sinop												
	Modelo 1			Modelo 2				Modelo 3				
	a	b	R ²	a	b	c	R ²	a	b	c	d	R ²
JAN	0,2748	0,5263	0,76	0,2748	0,5263	-	0,76	0,2748	0,5263	-	-	0,76
FEV	0,2887	0,4944	0,81	0,2887	0,4944	-	0,81	0,2887	0,4944	-	-	0,81
MAR	0,3091	0,4557	0,8	0,3119	0,4376	-	0,8	0,3116	0,4436	-	-	0,8
ABR	0,3085	0,4404	0,82	0,3085	0,4404	-	0,82	0,3085	0,4404	-	-	0,82
MAI	0,3526	0,3885	0,75	0,3635	0,3302	-	0,75	0,3661	0,3361	-	-	0,75
JUN	0,3132	0,4374	0,51	0,4500	0,0000	-	0,53	0,4974	0,0000	-	-	0,53
JUL	0,3419	0,3971	0,55	0,3419	0,3971	-	0,55	0,3419	0,3971	-	-	0,55
AGO	0,3630	0,3495	0,39	0,4606	0,0000	-	0,41	0,4652	0,0788	-	-	0,42
SET	0,3252	0,3733	0,72	0,3605	0,1615	-	0,74	0,3582	0,2305	-	-	0,74
OUT	0,3161	0,4314	0,76	0,3161	0,4314	-	0,76	0,3161	0,4314	-	-	0,76
NOV	0,2900	0,4841	0,74	0,2900	0,4841	-	0,74	0,2900	0,4841	-	-	0,74
DEZ	0,3029	0,4655	0,76	0,3029	0,4655	-	0,76	0,3029	0,4655	-	-	0,76
PRI	0,3039	0,4538	0,76	0,3039	0,4538	-	0,76	0,3039	0,4538	-	-	0,76
VER	0,2836	0,5003	0,78	0,2836	0,5003	-	0,78	0,2836	0,5003	-	-	0,78
OUT	0,3280	0,4196	0,77	0,3280	0,4196	-	0,77	0,3280	0,4196	-	-	0,77
INV	0,3176	0,4081	0,58	0,3774	0,1280	-	0,61	0,3720	0,2213	-	-	0,61
ANU	0,3041	0,4458	0,75	0,3041	0,4458	-	0,75	0,3041	0,4458	-	-	0,75

	Modelo 4			Modelo 6				Modelo 5				
	a	b	R ²	a	b	c	R ²	a	b	c	d	R ²
JAN	0,3014	1,1178	0,75	0,3405	0,0055	0,5263	0,76	0,6758	0,0456	0,0004	0,5263	0,76
FEV	0,3173	0,9981	0,78	0,3535	0,0054	0,4944	0,81	0,6791	0,0447	0,0004	0,4944	0,81
MAR	0,3375	0,8879	0,8	0,3091	0,0000	0,4557	0,8	0,5431	0,0806	0,0020	0,4557	0,8
ABR	0,3429	0,8299	0,8	0,3085	0,0000	0,4404	0,82	0,5431	0,0806	0,0020	0,4404	0,82
MAI	0,3780	0,7085	0,75	0,4131	0,0051	0,3885	0,75	0,6943	0,0407	0,0004	0,3885	0,75
JUN	0,3673	0,7377	0,52	0,3764	0,0053	0,4374	0,51	0,6848	0,0432	0,0004	0,4373	0,51
JUL	0,3886	0,6598	0,55	0,3419	0,0000	0,3971	0,55	0,5431	0,0806	0,0021	0,3971	0,55
AGO	0,3931	0,6150	0,4	0,4228	0,0050	0,3495	0,39	0,6967	0,0401	0,0004	0,3494	0,39
SET	0,3432	0,7680	0,74	0,3252	0,0000	0,3733	0,72	0,5431	0,0806	0,0020	0,3733	0,72
OUT	0,3401	0,8617	0,75	0,3790	0,0053	0,4314	0,76	0,6856	0,0430	0,0004	0,4314	0,76
NOV	0,3196	0,9766	0,72	0,3548	0,0054	0,4841	0,74	0,6794	0,0446	0,0004	0,4840	0,74
DEZ	0,3324	0,9148	0,73	0,3029	0,0000	0,4655	0,76	0,5431	0,0806	0,0020	0,4655	0,76
PRI	0,3305	0,9094	0,75	0,3677	0,0053	0,4538	0,76	0,6827	0,0438	0,0004	0,4538	0,76
VER	0,3130	1,0214	0,76	0,3488	0,0054	0,5003	0,78	0,6779	0,0450	0,0004	0,5002	0,78
OUT	0,3591	0,7736	0,76	0,3902	0,0052	0,4196	0,77	0,6884	0,0423	0,0004	0,4196	0,77
INV	0,3473	0,7762	0,61	0,3804	0,0053	0,4081	0,58	0,6860	0,0429	0,0004	0,4081	0,41
ANU	0,3345	0,8629	0,73	0,3678	0,0053	0,4458	0,75	0,6828	0,0438	0,0004	0,4457	0,75
	Modelo 8			Modelo 7				Modelo 9				
	a	b	R ²	a	b	c	R ²	a	b	c		R ²
JAN	0,6655	0,3051	0,52	0,1452	0,0003	0,5263	0,76	0,2731	0,5245	0,9852		0,76
FEV	0,6602	0,2846	0,65	0,1537	0,0004	0,4944	0,81	0,2419	0,4873	0,7039		0,82
MAR	0,6882	0,3158	0,59	0,3063	0,0000	0,4605	0,8	0,3128	0,4553	1,0282		0,8
ABR	0,6921	0,3296	0,75	0,3017	0,0000	0,4508	0,82	0,2584	0,4683	0,7475		0,82
MAI	0,6965	0,2830	0,58	0,1927	0,0004	0,3885	0,75	0,3561	0,3868	1,0260		0,75
JUN	0,7375	0,4733	0,49	0,1687	0,0004	0,4373	0,51	0,5029	0,3202	3,1774		0,53
JUL	0,7222	0,4006	0,56	0,2579	0,0000	0,5019	0,5	0,1719	0,5549	0,5733		0,56
AGO	0,6938	0,3489	0,36	0,1990	0,0004	0,3495	0,39	0,4773	0,2817	2,3797		0,42

SET	0,6469	0,2995	0,23	0,3190	0,0000	0,3832	0,72	0,3654	0,3801	1,4977		0,74
OUT	0,6645	0,2795	0,56	0,1704	0,0004	0,4314	0,76	0,3087	0,4306	0,9388		0,77
NOV	0,6733	0,3170	0,6	0,1545	0,0004	0,4841	0,74	0,2537	0,4832	0,7747		0,75
DEZ	0,6667	0,2935	0,61	0,3009	0,0000	0,4694	0,76	0,2751	0,4646	0,8157		0,76
PRI	0,6685	0,2990	0,56	0,1630	0,0004	0,4538	0,76	0,2903	0,4530	0,8992		0,76
VER	0,6681	0,3025	0,57	0,1506	0,0004	0,5003	0,78	0,2665	0,4935	0,8708		0,78
OUT	0,7020	0,3233	0,69	0,1777	0,0004	0,4196	0,77	0,3010	0,4359	0,8498		0,77
INV	0,6986	0,3858	0,25	0,1713	0,0000	0,4081	0,58	0,3860	0,3776	1,6520		0,61
ANU	0,6851	0,3198	0,56	0,1631	0,0004	0,4458	0,75	0,2808	0,4537	0,8511		0,75

Tabela 3: Coeficientes paramétricos e de determinação (R^2) ajustados para quatro modelos simplificados de estimativa de Hg com base em n/N, em Macapá-AP (12/2013 a 06/2018), Manaus-AM (05/2000 a 06/2018) e Rio Branco-AC (07/2008 a 06/2018).

Macapá													
	Modelo 1			Modelo 4			Modelo 8			Modelo 9			
	a	b	r^2	a	b	r^2	a	b	r^2	a	b	c	r^2
Jan	0,2363	0,5000	0,92	0,2715	1,0828	0,89	0,6708	0,3851	0,77	0,2108	0,5009	0,8102	0,92
Fev	0,2276	0,5346	0,88	0,2625	1,1692	0,84	0,6602	0,3613	0,8	0,1693	0,5338	0,6589	0,90
Mar	0,2101	0,5652	0,84	0,2477	1,2650	0,81	0,6769	0,4144	0,67	0,1826	0,5523	0,8017	0,85
Abr	0,2543	0,5260	0,83	0,2934	1,0808	0,78	0,6584	0,3149	0,76	0,1811	0,5206	0,5925	0,86
Mai	0,2609	0,5144	0,84	0,3086	0,9817	0,81	0,7123	0,4070	0,84	0,1737	0,5667	0,6731	0,85
Jun	0,2635	0,5409	0,83	0,3279	0,9431	0,78	0,7470	0,4304	0,82	0,1559	0,6037	0,6154	0,87
Jul	0,3956	0,3538	0,79	0,4299	0,5697	0,78	0,7315	0,3393	0,78	0,3802	0,3672	0,9299	0,79
Ago	0,3567	0,3793	0,51	0,4156	0,5773	0,51	0,7310	0,4507	0,51	0,0000	0,7310	0,4507	0,51
Set	0,3585	0,3835	0,68	0,4107	0,6015	0,67	0,7326	0,4257	0,68	0,0000	0,7327	0,4257	0,68
Out	0,4793	0,2209	0,45	0,4970	0,3466	0,45	0,6937	0,2457	0,44	0,5750	0,1404	2,5476	0,46
Nov	0,3920	0,3100	0,57	0,4277	0,5022	0,57	0,6947	0,3607	0,57	0,4822	0,2282	1,6900	0,57
Dez	0,2434	0,4927	0,89	0,3000	0,9421	0,84	0,6905	0,4257	0,89	0,1396	0,5636	0,6164	0,91
Pri	0,2715	0,4692	0,84	0,3367	0,8114	0,8	0,7088	0,4090	0,87	0,1256	0,5891	0,5474	0,88
Ver	0,2300	0,5176	0,89	0,2666	1,1230	0,85	0,6697	0,3823	0,78	0,1852	0,5218	0,7192	0,9

Out	0,2369	0,5570	0,85	0,2862	1,1038	0,8	0,7100	0,4049	0,78	0,1825	0,5678	0,7222	0,86
Inv	0,3725	0,3692	0,83	0,4141	0,5950	0,82	0,7272	0,3724	0,83	0,1488	0,5811	0,4970	0,83
Ano	0,2418	0,5193	0,89	0,2913	1,0137	0,86	0,7116	0,4150	0,85	0,1780	0,5543	0,6963	0,91

Manaus

	Modelo 1			Modelo 4			Modelo 8			Modelo 9			
	a	b	r ²	a	b	r ²	a	b	r ²	a	b	c	r ²
Jan	0,2253	0,4921	0,84	0,2634	1,0990	0,79	0,6222	0,3680	0,77	0,1733	0,4944	0,6989	0,85
Fev	0,2330	0,4934	0,81	0,2630	1,1338	0,76	0,6078	0,3196	0,64	0,1915	0,4718	0,6859	0,83
Mar	0,2328	0,5268	0,85	0,2662	1,1694	0,82	0,6411	0,3437	0,63	0,2183	0,5165	0,8787	0,85
Abr	0,2274	0,5168	0,83	0,2654	1,1338	0,79	0,6420	0,3585	0,69	0,1912	0,5065	0,7438	0,84
Mai	0,2435	0,4974	0,85	0,2757	1,0824	0,81	0,6475	0,3382	0,65	0,2139	0,4891	0,7683	0,85
Jun	0,2450	0,4888	0,85	0,2954	0,9630	0,82	0,6913	0,4446	0,8	0,1983	0,5173	0,7917	0,85
Jul	0,2397	0,4858	0,85	0,2951	0,9442	0,82	0,6913	0,4680	0,8	0,2023	0,5106	0,8326	0,85
Ago	0,2279	0,4917	0,87	0,2849	0,9725	0,85	0,6862	0,4768	0,82	0,1955	0,5123	0,8455	0,88
Set	0,2358	0,4703	0,82	0,2820	0,9742	0,8	0,6622	0,4292	0,74	0,2030	0,4868	0,8205	0,82
Out	0,2392	0,4731	0,84	0,2837	0,9789	0,81	0,6597	0,4043	0,78	0,1932	0,4955	0,7593	0,85
Nov	0,2514	0,4480	0,79	0,2897	0,9432	0,75	0,6329	0,3546	0,74	0,1812	0,4785	0,6445	0,8
Dez	0,2250	0,4934	0,83	0,2617	1,1155	0,78	0,6223	0,3593	0,75	0,1719	0,4914	0,6741	0,85
Pri	0,2421	0,4646	0,83	0,2822	0,9831	0,8	0,6438	0,3760	0,77	0,1862	0,4877	0,7023	0,84
Ver	0,2272	0,5019	0,83	0,2602	1,1443	0,79	0,6180	0,3435	0,69	0,1925	0,4885	0,7487	0,84
Out	0,2369	0,5056	0,84	0,2750	1,0797	0,81	0,6570	0,3681	0,69	0,2063	0,5036	0,7893	0,85
Inv	0,2367	0,4825	0,85	0,2893	0,9586	0,83	0,6830	0,4585	0,78	0,2033	0,5026	0,8359	0,85
Ano	0,2356	0,4865	0,85	0,2757	1,0345	0,82	0,6547	0,3841	0,75	0,1988	0,4957	0,7746	0,86

Rio Branco

	Modelo 1			Modelo 4			Modelo 8			Modelo 9			
	a	b	r ²	a	b	r ²	a	b	r ²	a	b	c	r ²
Jan	0,2733	0,4632	0,79	0,2962	1,0329	0,77	0,5989	0,2606	0,58	0,2521	0,4488	0,8230	0,79
Fev	0,2783	0,4459	0,74	0,2980	1,0163	0,71	0,5853	0,2486	0,37	0,2504	0,4182	0,7460	0,75
Mar	0,2699	0,4716	0,82	0,3002	0,9982	0,79	0,6422	0,3197	0,66	0,2285	0,4692	0,7344	0,83

Abr	0,2884	0,4123	0,84	0,3122	0,8724	0,83	0,6379	0,3144	0,48	0,2849	0,4122	0,9676	0,84
Mai	0,2940	0,4108	0,82	0,3268	0,8132	0,8	0,6431	0,3015	0,68	0,2572	0,4264	0,7690	0,83
Jun	0,2910	0,4191	0,82	0,3250	0,8234	0,79	0,6435	0,2487	0,72	0,2470	0,4360	0,6932	0,83
Jul	0,2495	0,4777	0,81	0,3071	0,8956	0,77	0,7026	0,4736	0,68	0,2142	0,4971	0,7835	0,81
Ago	0,3093	0,4043	0,74	0,3591	0,7057	0,73	0,6931	0,4156	0,76	0,0535	0,6412	0,4625	0,76
Set	0,2720	0,4302	0,82	0,3116	0,8597	0,81	0,6646	0,4058	0,71	0,2773	0,4273	1,0331	0,82
Out	0,2701	0,4710	0,84	0,3034	0,9719	0,83	0,6749	0,3644	0,72	0,2625	0,4725	0,9492	0,84
Nov	0,2877	0,4562	0,81	0,3183	0,9225	0,78	0,6636	0,3167	0,68	0,2360	0,4687	0,7003	0,82
Dez	0,2869	0,4507	0,79	0,3126	0,9529	0,78	0,6431	0,3056	0,69	0,2743	0,4501	0,9093	0,79
Pri	0,2840	0,4505	0,82	0,3149	0,9171	0,8	0,6639	0,3339	0,71	0,2511	0,4603	0,8011	0,82
Ver	0,2730	0,4646	0,79	0,2967	1,0294	0,77	0,6100	0,2750	0,56	0,2486	0,4501	0,8028	0,8
Out	0,2937	0,4109	0,82	0,3227	0,8317	0,8	0,6442	0,3106	0,58	0,2718	0,4175	0,8431	0,82
Inv	0,2705	0,4489	0,8	0,3204	0,8433	0,78	0,6889	0,4307	0,7	0,2411	0,4685	0,8535	0,8
Ano	0,2819	0,4405	0,82	0,3127	0,8973	0,8	0,6537	0,3239	0,65	0,2543	0,4482	0,8186	0,82

A radiação estimada pelos coeficientes calibrados e validados anualmente foi superior quando comparado as equações ajustadas nos agrupamentos sazonal e mensal, porém deve-se ter cuidado nessa análise, pois meses com melhor desempenho tendem a minimizar o efeito dos meses com piores desempenhos, pois índices como MBE e RMSE descrevem o comportamento médio das estimativas e seus espalhamentos.

Ajustando o modelo de Angstrom-Prescott (Modelo 1), Silva et al. (2017) no agrupamento de dados anual para Botucatu-SP, em anos típicos e atípicos (com base na diferença entre a média de radiação de cada ano com a média da base de dados) encontrou um MBE de -0,52 e 0,19 MJ m⁻² d⁻¹, RMSE de 2,28 e 2,69 MJ m⁻² d⁻¹ e coeficiente de determinação de 0,94 respectivamente. Para Sinop-MT Martim et al. (2014) o MBE de -0,02, RMSE de 1,82 -0,8 MJ m⁻² d⁻¹ e coeficiente de determinação de 0,93. Em estudo, Silva (2014) não obteve diferença da estimativa da radiação solar com coeficientes ajustados anualmente e mensalmente no modelo proposto por Angstrom-Prescott na cidade de Petrolina-PE.

Figura 1: Radiação medida, estimada, erro relativo médio (MBE), quadrado do erro relativo médio (RMSE) e índice de Willmott (d) dos modelos 1 a 9 na escala mensal no bioma amazônico para as cidades de Macapá, Manaus, Rio Branco e Sinop.

Com base nas análises pode-se estimar a radiação solar utilizando o Modelo 1 para Macapá (Hg/Ho = 0,2418 + 0,5193 (n/N)), Manaus (Hg/Ho = 0,2356 + 0,4865 (n/N)), Rio Branco (Hg/Ho = 0,2819 + 0,4405 (n/N)) e Sinop (Hg/Ho = 0,3441 + 0,4458 (n/N)).

Em Botucatu-SP, Santos et al. (2017) ajustou o Modelo 1 que ficou Hg/Ho = 0,253 + 0,465 (n/N) e Martim et al. (2014) para Sinop-MT com Hg/Ho = 0,2679 + 0,4726 (n/N) que diferiu dos valores encontrados neste

estudo para a cidade de Sinop (Tabela 2) com $Hg/Ho = 0,3041 + 0,4458 (n/N)$ respectivamente. Carvalho et al. (2011) obtiveram para a região de Seropédica-RJ com o modelo 1, coeficientes médios mensais "a" variaram de 0,232 a 0,299 e "b" de 0,397 a 0,504. Os coeficientes médios anuais a e b foram 0,295 e 0,417 e os do período geral, 0,282 e 0,433, respectivamente. Nesse mesmo sentido, Andrade Júnior et al. (xxxx), obtiveram para quatro cidades de Goiás, coeficientes a e b (do modelo 1) próximos entre si, com média de 0,3244 e 0,4181, respectivamente. E ainda, Ribeiro et al. (2018), avaliando os coeficientes do modelo 1 para seis municípios do Piauí, observaram valores de "a" variando de 0,2485 a 0,3280 no período chuvoso e de 0,2626 a 0,3399 no período seco; enquanto que os valores de "b" variaram de 0,3623 a 0,4748 no período chuvoso e de 0,3794 a 0,5079 no período seco.

Nesse contexto, para as quatro cidades avaliadas foram observadas diferenças entre os coeficientes calibrados regionalmente, e quando, comparados com valores obtidos na literatura, pode se considerar que as diferenças constatadas são decorrentes das condições climáticas variáveis entre os locais ou no mesmo local, calibração dos sensores e da série de dados utilizados. Este fato evidencia a importância da calibração local desses coeficientes, tornando os resultados estimados da radiação global mais próxima dos valores medidos.

O modelo 1 (padrão de Angstrom-Prescott) apresentou relação significativa entre os coeficientes lineares e angulares com a latitude (Figura 2) das cidades avaliadas, com tendência negativa para o coeficiente linear e positiva para o coeficiente angular. Isso demonstra a dependência desses coeficientes com os elementos climáticos, como a precipitação/nebulosidade, que na região amazônica sofre grande influência da latitude, o que diminui consideravelmente a transmissividade atmosférica em alguns meses do ano, reduzindo assim o coeficiente linear e aumentando o coeficiente angular.

Figura 2: Coeficiente linear (Figura 4A) e angular (Figura 4B) gerados do modelo 1 na latitude -0,05 a -11,97 na região amazônica brasileira.

Tabela 4: Erro relativo médio (MBE), quadrado médio do erro relativo (RMSE) e índice de Willmott (d) para o Modelo 1 na estimativa de Hg com base em n/N, em Macapá-AP (12/2013 a 06/2018).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Na estimativa da radiação global para o bioma amazônico brasileiro, o modelo original de Angstrom-Prescott representado neste trabalho pelo Modelo 1 ($Hg/Ho = a + b (n/N)$) apresentou o melhor desempenho estatístico para as quatro cidades avaliadas. Os modelos ajustados no agrupamento anual apresentaram melhores estimativas, podendo ser aplicados independentemente da época do ano. O coeficiente linear (a) e angular (b) estimado para a cidade de Macapá foi de 0,2418 e 0,5193 para Manaus de 0,2356 e 0,4865 para Rio Branco de 0,2819 e 0,4405 e Sinop 0,3441 e 0,4458. Houve uma dependência negativa do coeficiente linear ($a = 0,51313 + 0,00639 * \text{latitude}$) e positiva no angular ($b = 0,2313 - 0,00552 * \text{latitude}$) do modelo 1, na latitude (-0,05 a -11,97 do hemisfério sul).

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade dos dados meteorológicos para a realização deste trabalho, a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor, ao Grupo de Pesquisa Interações Ambiente e Planta e ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Pan evaporation method. In: **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, p. 78-85, 1998. (Irrigation and Drainage, 56).

ANGSTROM, A. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 50, n. 210, p.121- 126, 1924.

ANTUNES JUNIOR, E. J.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Ajuste dos parâmetros da equação de angstrom-prescott na estimativa da radiação global em municípios goianos. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017. Disponível em: <<http://www.inovagri.org/anais/TC0511029.pdf>. > Acesso em: 30 de maio de 2019.

CARVALHO, D. F.; SILVA, D. G.; SOUZA, A. P.; GOMES, D. P.; ROCHA, H. S. Coeficientes da equação de AngstromPrescott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 838-844, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800011>. > Acesso em: 30 de maio de 2019.

DALLACOR, T. R.; FREITAS, P. S.L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; BERTONHA, A.; TRINTINALHA, F. F. S. M. Determinação dos coeficientes da equação de Angstrom para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 329-336, 2004. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagri.v26i3.1831>. > Acesso em: 30 de maio de 2019.

DORNELAS, K. D. S.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S. Coeficientes médios da equação de Angström-Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1213-1219, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000800001>. > Acesso em: 30 de maio de 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Áreas Especiais – Cadastro de Municípios localizados na Amazônia Legal. Brasília, 2019. Disponível em: < <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2> > Acesso em: 03 de abril de 2019.

MARTIM, C. C.; SOUZA, A. P.; PAULINO, J.; ALMEIDA, F. T. A.; ARANTES, K. R.; Coeficientes de Angstrom-Prescott para a região norte do estado de Mato Grosso: primeira aproximação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XLIII, 2014. Campo Grande-MS. **Anais...** Disponível em: < <http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/R0349-1.pdf> >. Acesso em: 03 de abril de 2019.

RIBEIRO, A. de A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; SILVA, E. M. da; BASTO, E. A.; SIMEÃO, M. Estimativa da radiação solar global a partir dos dados de insolação no estado do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 1, p. 2348-2356, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173541/1/RBAI.pdf>>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

SILVA, M. B. P.; ESCOBEDO, J. F.; SANTOS, C. M.; ROSSI, T. J.; SILVA, S. H. M. G.; Performance of the Angstrom-Prescott Model (A-P) and SVM and ANN techniques to estimate daily global solar irradiation in Botucatu/SP/Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 160, p. 11-23, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364682616304448> >. Acesso em: 03 de abril de 2019.

SILVA, A. O. Coeficientes de Angström-Prescott e sua influência na radiação solar e eto no perímetro irrigado de bebedouro em Petrolina. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 8, n. 4, p. 333-342, 2014. Disponível em: < <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/224> >. Acesso em: 03 de abril de 2019.

SOUZA, A. P.; ZAMADEI, T.; MONTEIRO, E. B.; CASAVECCHIA, B. H.; Transmissividade Atmosférica da Radiação Global na Região Amazônica de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 4, p. 639-648, 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862016000500639&script=sci_abstract&tlng=pt >. Acesso em: 03 de abril de 2019.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Buletin of the American Meteorological Society**, v. 63, p. 1309-1313, 1985.

ESTIMATIVA DA IRRADIAÇÃO SOLAR EM PLANOS INCLINADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ-AL

Ricardo Araujo Ferreira Junior¹; Leandro Vinícius Gomes da Silva²; José Leonaldo de Souza¹
Autor para correspondência: ricardo_ceca@hotmail.com

¹Professor na Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas.; ²Discente de Graduação do Curso de Engenharia de Energia na Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas

RESUMO

A radiação solar é a principal fonte de energia da Terra, essa tem suma importância nos processos biológicos e de conversão de energia. Os vegetais, base da cadeia alimentar, são seres autotróficos e convertem radiação solar em energia química, portanto a disponibilidade desse recurso no meio é um fator de alta influência sobre a produtividade. O presente estudo visa estimar a irradiação solar global em planos inclinados a 45 graus e faceados para as quatro direções cardeais, na região metropolitana de Maceió - Alagoas. As estimativas foram feitas considerando a transmitância atmosférica como variável isotrópica. Durante o ano o modelo variou seu desempenho de forma expressiva para os planos faceados para o Norte e Sul. O modelo apresenta desempenho superior para as direções Leste e Oeste em relação as direções Norte e Sul.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar; Ângulo de incidência; Superfície inclinadas

ESTIMATION OF SOLAR IRRADIATION IN INCLINED PLANS IN THE METROPOLITAN REGION OF MACEIÓ-AL

ABSTRACT

Solar radiation is an important source of energy on Earth, this has great importance in biological processes and energy conversion. Vegetables, the basis of the food chain, are autotrophic beings and convert to solar energy in chemical energy, as well as the use of resources are not a factor of high influence under the productivity. The present study aims to estimate the global solar irradiation in planes inclined to 45 degrees and facials for the four cardinal directions, in the metropolitan region of Maceió - Alagoas. From now on, it is possible to find a transmission as an isotropic alternative. During the year its performance varied significantly for the facial plans for the North and South. The model presented superior performance in relation to the East and West in relation to the North and South.

KEY-WORDS: Solar radiation; Angle of incidence; Inclined surface

INTRODUÇÃO

A radiação solar é o recurso energético primário para grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na terra. Os vegetais, base da cadeia alimentar, são seres capazes de realizar fotossíntese, nesse processo utilizam a luz como fonte de energia para produzir glicose e outros carboidratos que servirão como fonte de energia para os demais integrantes da cadeia trófica. Sem restrições hídrica, nutricionais e sanitárias os vegetais têm a produção potencial em função apenas da disponibilidade de energia radiante no meio de cultivo (Monteith, 1977). Portanto, conhecer a radiação solar incidente sobre um dossel vegetal é

fundamental para a agricultura que visa maximizar a produção de alimentos e bioenergéticos. Além disso, podem-se destacar os sistemas fotovoltaico e heliotérmico, que converte a energia solar, respectivamente, em eletricidade e em calor, tendo essas duas modalidades de energia diversas aplicações no campo. O agronegócio ocupa posição de destaque na economia brasileira e vem se tornando cada vez mais tecnológico, a inserção de fontes renováveis de energia é parte fundamental do crescimento sustentável desse setor. Os sistemas de irrigação com energia solar fotovoltaica vêm ganhando espaço e já são encontrados com facilidade no mercado. Na agroindústria, o calor gerado através da energia solar é usado para seca alimento (Alessi et al., 2013), diminuindo custos e melhorando a qualidade. O Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (Cresesb) promove o desenvolvimento dessas tecnologias, entre outras ações, através da difusão de conhecimentos. O Cresesb disponibiliza médias diárias mensais e anuais de irradiação solar (Hg) na horizontal e em algumas inclinações faceadas a linha do equador de forma gratuita e simplificada. Geralmente, os cultivos estão dispostos em terrenos de direção e inclinação arbitrária e os coletores de energia solar, comumente instalados em telhados que não foram concebidos para receber essa tecnologia, estão orientados e inclinados muitas vezes em posições diferentes daquelas que estão disponíveis para consulta. Sendo inviável do ponto de vista prático obter dados históricos de Hg nas inúmeras combinações possíveis de inclinação e direção que cada ponto pode estar disposto. O presente estudo propõe, através da análise crítica e revisão de literatura, a obtenção dos valores de densidade de fluxo de radiação solar em um plano arbitrário em função da densidade de fluxo de radiação solar no plano horizontal, pois existem observações para maioria das localidades.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Estimar a irradiação solar global em planos inclinados a 45° nas direções norte, sul, leste e oeste na região metropolitana de Maceió, Alagoas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação da densidade de fluxo de radiação solar global foi conduzida na região metropolitana de Maceió, Alagoas, na Estação Agrometeorológica Automática (EAA) da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizada no município de Rio Largo, Alagoas, com coordenadas geodésicas 09°28'02"S; 35°49'43"W e 127 metros. As incertezas da presente investigação estão relacionadas limitações e aos erros dos sensores, pirômetros modelo 8- 48, B&W fabricado pela Eppley (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos radiômetros utilizados na pesquisa.

Período	Mensal			Sazonal			Anual		
	MBE	RMSE	d	MBE	RMSE	d	MBE	RMSE	d
Jan	0,05 (1)	0,31 (1)	0,96 (1)	0,12 (2)	0,73 (2)	0,96 (1)	0,59 (3)	3,63 (3)	0,96 (1)
Fev	0,35 (2)	2,19 (2)	0,96 (1)	0,21 (1)	1,34 (1)	0,96 (1)	0,69 (3)	4,29 (3)	0,95 (2)
Mar	-0,04 (1)	0,24 (1)	0,94 (1)	0,41 (2)	2,41 (2)	0,93 (2)	0,60 (3)	3,52 (3)	0,92 (3)
Abr	0,93 (3)	4,92 (3)	0,93 (2)	0,77 (2)	4,06 (2)	0,94 (1)	0,38 (1)	1,99 (1)	0,93 (2)
Mai	-0,23 (1)	1,23 (1)	0,91 (2)	-0,39 (2)	2,12 (2)	0,93(1)	-0,80 (3)	4,30 (3)	0,90 (3)
Jun	0,26 (1)	3,19 (2)	0,92 (1)	0,26 (1)	1,48 (1)	0,90 (2)	-0,59 (2)	3,38 (3)	0,92 (1)
Jul	0,08 (1)	0,35 (1)	0,90 (2)	-0,32 (2)	1,43 (2)	0,91 (1)	-1,11 (3)	4,95 (3)	0,91 (1)
Ago	-0,14 (1)	0,080 (1)	0,86 (2)	0,14 (1)	0,81 (2)	0,86 (2)	-0,29 (2)	1,68 (3)	0,90 (1)

Set	0,03 (1)	0,02 (1)	0,89 (2)	-0,14 (2)	0,91 (2)	0,89 (2)	-0,37 (3)	2,36 (3)	0,90 (1)
Out	0,14 (2)	0,82 (2)	0,89 (3)	-0,26 (3)	1,46 (3)	0,85 (1)	0,12 (3)	0,69 (1)	0,87 (2)
Nov	-0,04 (1)	0,20 (1)	0,92 (1)	0,14 (2)	0,78 (2)	0,92 (1)	0,50 (3)	2,77 (3)	0,91 (2)
Dez	-0,21 (2)	1,30 (2)	0,97 (1)	0,10 (1)	0,63 (1)	0,97 (1)	0,25 (3)	1,61 (3)	0,97 (1)
Pri	-	-	-	-0,06 (1)	0,60 (1)	0,97 (1)	0,21 (2)	2,10 (2)	0,97 (1)
Ver	-	-	-	0,20 (1)	2,20 (1)	0,96 (1)	0,68 (1)	7,24 (2)	0,96 (1)
Out	-	-	-	0,18 (1)	1,71 (1)	0,93 (1)	-0,28 (2)	2,63 (2)	0,92 (2)
Inv	-	-	-	0,05 (1)	0,46 (1)	0,93 (2)	-0,57 (2)	5,49 (2)	

PIRÔMETRO MODELO 8- 48 EPPLÉY

Sensibilidade	11 microvolts/W/m ²
Dependência da temperatura	±1,5 % na faixa de -20 a +40 °C
Linearidade	±1,0 % , 0-1400 W/m ²
Resposta ao ângulo de incidência	±2,0 % para 0 a 70°; ±5,0 % para 70° a 80°

Fonte: (Tiba et al., 2009)

Supondo que a irradiância solar direta em uma superfície horizontal (I_b) seja conhecida, então a irradiância solar direta em uma superfície arbitrária ($I_b \beta \gamma$) pode ser dada em termo de I_b pela seguinte relação matemática (IQBAL, 1983):

Eq. (40)

em que θ é o ângulo de incidência para uma superfície arbitrariamente orientada e θ_z o ângulo zenital. Do mesmo modo pode-se tratar a irradiância solar difusa, supondo conhecer a irradiância solar difusa em um plano horizontal (I_d) e aplicando o *circumsolar model*, esse modelo aplica-se a céus sem nuvens. Assume-se que toda irradiância solar difusa que chega a uma superfície horizontal vem da direção do Sol. Portanto, pode ser tratada da mesma maneira que I_b . Consequentemente, a irradiância solar difusa incidente em um plano arbitrariamente orientado ($I_d \beta \gamma$) pode ser escrita da seguinte forma:

Eq. (41)

A irradiância solar global, por definição, é a soma de toda e qualquer radiação solar que chega ao solo. A irradiância solar global que incide em uma superfície horizontal (I_{gh}) é a soma entre I_b e I_d , no entanto numa superfície arbitrariamente orientada incide uma componente a mais, a irradiância refletida pelo solo (I_r). Portanto, escrevendo a irradiação solar global que incide em um plano arbitrariamente orientado ($H_g \beta \gamma$) em termos de I_{gh} (equação 3) despreza-se a contribuição da I_r .

Eq. (42)

em que: ω , ω_{sr} e ω_{ss} são, respectivamente, ângulo horário, ângulo horário do nascer do Sol e ângulo horários do pôr do Sol. Assim, conforme descrito anteriormente, foram feitas as estimativas de irradiação

solar global que incide nos planos inclinados 45° e orientados ao Norte, Sul, Leste e Oeste e comparadas com os valores observados pelos piranômetros. O desempenho do modelo baseou-se nos seguintes indicadores: (a) coeficiente de correlação da regressão linear, R; (b) erro absoluto médio, EAM (equação 4); índice de concordância de Willmott, d (equação 5).

Eq. (43)

Eq. (44)

em que: E_i são os valores estimados; O_i são os valores observados; \bar{O} é a média dos valores observados e N é o número de observações.

O coeficiente de correlação e o índice d são indicadores de concordância adimensionais entre as estimativas e as observações, valores desejados para R e d são os próximos de um. O erro absoluto médio tem limite superior infinito, sendo esperados valores próximos de zero para EAM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O melhor desempenho da metodologia utilizada foi no plano inclinado para Oeste e o pior para o plano Norte, conforme estatística na Tabela 2.

Tabela 2. Índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de correlação da regressão linear (R) e erro absoluto médio (EAM) das estimativas de irradiação solar global que incide nos planos inclinados 45° e orientados ao Norte, Sul, Leste e Oeste.

Orientações	D	R	EAM (Wh m ⁻² dia ⁻¹)
Norte	0,53	0,67	667,36
Sul	0,99	0,79	716,11
Leste	0,98	0,97	155,07
Oeste	0,99	0,98	149,07

As estimativas no plano inclinado para Leste tiveram desempenhos levemente inferiores aos melhores resultados (no plano direcionado ao Oeste) (Figura 1), muito provavelmente pelos maiores índices de nebulosidade pela manhã que durante o período vespertino (Souza et al., 2005).

Figura 1. Irradiação solar global em planos inclinados 45° e orientado para o Oeste (A), Leste (B), Norte (C) e Sul (D) no ano de 2014 na região metropolitana de Maceió-AL.

As estimativas no plano inclinado para o Norte obtiveram desempenhos inferiores às no plano Sul nos indicadores de concordância e superior no EAM, a partir da análise do comportamento gráfico das medidas e estimativas desses dois planos durante o ano (Figura 1C e D), tendo fortes indícios de que nos períodos no qual o ângulo de incidência dos raios solares é maior, a acurácia do modelo diminui e oposto também se verifica. Deve-se observar que o período de menores ângulos de incidência dos raios solares sob o plano inclinado para o Norte coincide com o período chuvoso da região. Barros et al. (2012) relatam que a região de estudo tem chuvas máximas no período maio-junho-julho, fato que possivelmente contribuiu para os baixos valores de R e d. No entanto o plano inclinado para o Sul tem um maior período exposto aos raios solares com altos ângulos de incidência em relação ao plano Norte, isso pode ter contribuído para um EAM maior em relação ao plano Norte.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo apresenta um bom desempenho para as direções Leste e Oeste, e desempenho inferior para as direções Norte e Sul. Espera-se que para inclinações mais amenas, nestes dois últimos planos, o modelo apresente resultados mais satisfatórios em relação aos desse estudo.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

FAPEAL-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALESSI, Egly Sturion et al. Processo produtivo de tomate seco obtido em secador solar e em estufa, a partir de mini-tomates congelados. **Revista Brasileira de Tecnologia**

Agroindustrial. v. 07, n. 02: p.1049-1061, 2013. Disponível em:< <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/1321/4653>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

TIBA, Chigueru et al. **Atlas Solarimétrico de Alagoas: Setembro de 2007 a Agosto de 2008**, Eletrobrás, v. 1 2009, 64p. Disponível em:<<http://dados.al.gov.br/dataset/atlas-solarimetrico/resource/78d8df98-2160-4f0a-877f-78eab3650d20>>. Acesso em: 05 Jan. 2019.

BARROS, Alexandre Hugo Cezar, et al. Climatologia do Estado de Alagoas Dados eletrônicos. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p.; il. - (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos**, ISSN 1678-0892; 211). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

IQBAL, M. **an introduction to solar radiation**. New York: Academic press, 1983.

MONTEITH, J.L. **Climate and the efficiency of crop production in Britain**. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London** . Series B, Biological Sciences, v.281, p.277-294, 1977. Disponível em:< <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.1977.0140>> Acesso em: 19 mar. 2019.

SOUZA, José Leonardo et al. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renew energy**, v.30, 1205-1220, 2005. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148104003842>> Acesso em: 10 mar. 2019.

IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO DE BALANÇO DE ENERGIA NO MODELO DSSAT-CSM-CROPGRO

Santiago Vianna Cuadra¹; Bruce A. Kimball²; Kenneth J. Boote³; Andrew E. Suyker⁴; Nigel Pickering⁵
Autor para correspondência: santiago.cuadra@embrapa.br

¹Embrapa; ²U.S. Arid-Land Agricultural Research Center, USDA Agricultural Research Service; ³Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida; ⁴School of Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln; ⁵Washington Stormwater Center, Washington State University

RESUMO

Uma maneira potencial de melhorar os modelos biofísicos é fazer com que eles calculem a temperatura do ar no nível do dossel da planta e, assim, simule o crescimento, desenvolvimento fenológico e rendimento das culturas com base nessa temperatura, e não na temperatura do ar medida na estação meteorológica. Nesse trabalho, apresentamos os resultados de um modelo de balanço energético desenvolvido por Jagtap e Jones (1989) e, em seguida, implementado no modelo CROPGRO por Pickering et. al. (1995) como um modelo de fotossíntese e balanço energia (EB); o EB não havia sido testado até agora. O código de balanço de energia calcula a evapotranspiração e outros componentes do balanço de energia, bem como a temperatura do dossel, seguindo três fontes (folhas iluminadas pelo sol, folhas sombreadas e superfície do solo). Foram usadas as medidas de biomassa e fluxos de energia diários do sítio experimental da universidade de Nebraska (US-NE2 e US-NE3, <https://ameriflux.lbl.gov/sites>) para validar os resultados. Em geral, o crescimento da cultura, a evapotranspiração e a temperatura do solo foram bem simulados pelo CROPGRO com o método de evapotranspiração FAO-56 Penman-Monteith (FAO) e o modelo EB. O EB melhorou ligeiramente as previsões ET, sob as condições irrigadas e de sequeiro, e melhorou significativamente as simulações da temperatura do solo, nas várias profundidades avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de energia; DSSAT-CROPGRO; Soja

IMPLEMENTATION AND VALIDATION OF AN ENERGY BALANCE MODEL IN THE DSSAT-CSM-CROPGRO MODEL

ABSTRACT

One potential way to improve crop growth models is to have them compute the temperature of a crop canopy by solving an energy balance and then to simulate the crop growth at that canopy temperature rather than at air temperature. We present the results of an energy balance model developed by Jagtap and Jones (1989) and then implemented in the CROPGRO model by Pickering et. al. (1995) as a linked energy balance-photosynthesis model (EB), that has lain untested until now. The energy balance code computes evapotranspiration and other energy balance components, as well as a canopy temperature, following three sources (sunlit leaves, shaded leaves, soil surface). We used the measured biomass and daily energy fluxes from two sites of Nebraska University (US-NE2 and US-NE3, <https://ameriflux.lbl.gov/sites>), to validate the results. In general, crop growth, evapotranspiration and soil temperature were consistently simulated well by CROPGRO with both the FAO-56 Penman-Monteith evapotranspiration method (FAO) and the EB model. EB improved the ET predictions slightly, under irrigated and rainfed conditions and a significant improvement was achieved using EB for the simulation of soil temperature at the various depths evaluated.

KEY-WORDS: Energy Balance; DSSAT-CROPGRO; Soybean

INTRODUÇÃO

Os modelos de crescimento das culturas são ferramentas amplamente utilizadas para avaliar os prováveis efeitos das mudanças climáticas na produtividade agrícola, além de ser uma importante ferramenta para auxiliar a gestão dos agricultores. No entanto, quase todos esses modelos simulam o crescimento das culturas considerando a temperatura do ar medida na estação meteorológica, enquanto que a temperatura real no dossel das plantações pode desviar muitos graus da referida temperatura (por exemplo, Allen et al., 2003). Portanto, uma forma potencial de melhorar esses modelos é fazer com que eles calculem a temperatura do ar no nível do dossel.

Entretanto, a previsão da temperatura no dossel requer muito mais esforço de codificação e implementação para o cálculo dos fluxos de energia no sistema solo-planta-atmosfera. Assim, resolver o balanço de energia fornece um método para calcular explicitamente os impactos da morfologia e fisiologia da cultura sobre o meio de crescimento da cultura, que afeta diretamente o uso da água e os requisitos de irrigação, fenologia, fotossíntese, esterilidade da cultura, como exemplo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

A plataforma DSSAT (Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia, Jones et al., 2003) é uma das plataformas de modelos de culturas agrícolas mais utilizadas no mundo (Seidel et al., 2018). A sub-rotina dentro do CROPGRO que calcula a fotossíntese é chamada de ETPHOT, descrita por Pickering et al. (1995), foi implementada há mais de duas décadas. No entanto, a parte do código que representa o balanço de energia na rotina ETPHOT, que calcula a evapotranspiração (ET) e outros componentes do balanço energético, permaneceu sem ser testada e utilizada. Portanto, tivemos três objetivos para este estudo: (1) ressuscitar o código de balanço de energia dentro do ETPHOT, (2) apresentar algumas mudanças implementadas para garantir a estabilidade numérica do modelo e (3) testar o modelo EB em relação as simulações com a ET calculada pelo método FAO-56.

MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo Balanço de Energia (EB), desenvolvido por Jagtap e Jones (1989) e implementado no modelo CROPGRO por Pickering et. al. (1995), é executado internamente em escala horária usando e os resultados são providos em escala diária (Figura 1). O modelo resolve a absorção de luz para a irradiância direta e difusa, para as folhas iluminadas pelo sol e sombreadas, em função das dimensões de altura e largura do dossel, índice de área foliar (IAF), ângulo das folhas, direção da linha de plantio, latitude, dia do ano e radiação global incidente. O modelo considera o balanço de energia em três zonas ou “fontes” (Fig. 1): folhas iluminadas pelo sol (SL), folhas sombreadas (SH) e superfície do solo (SS). Primeiro, a radiação líquida (R_{Ni}) é calculada para cada zona, e então a energia é balanceada pelos fluxos de calor sensível (S_i), calor latente (L_i) e fluxo de calor no solo (G_i) – onde o índice i refere-se as três zonas representadas no modelo.

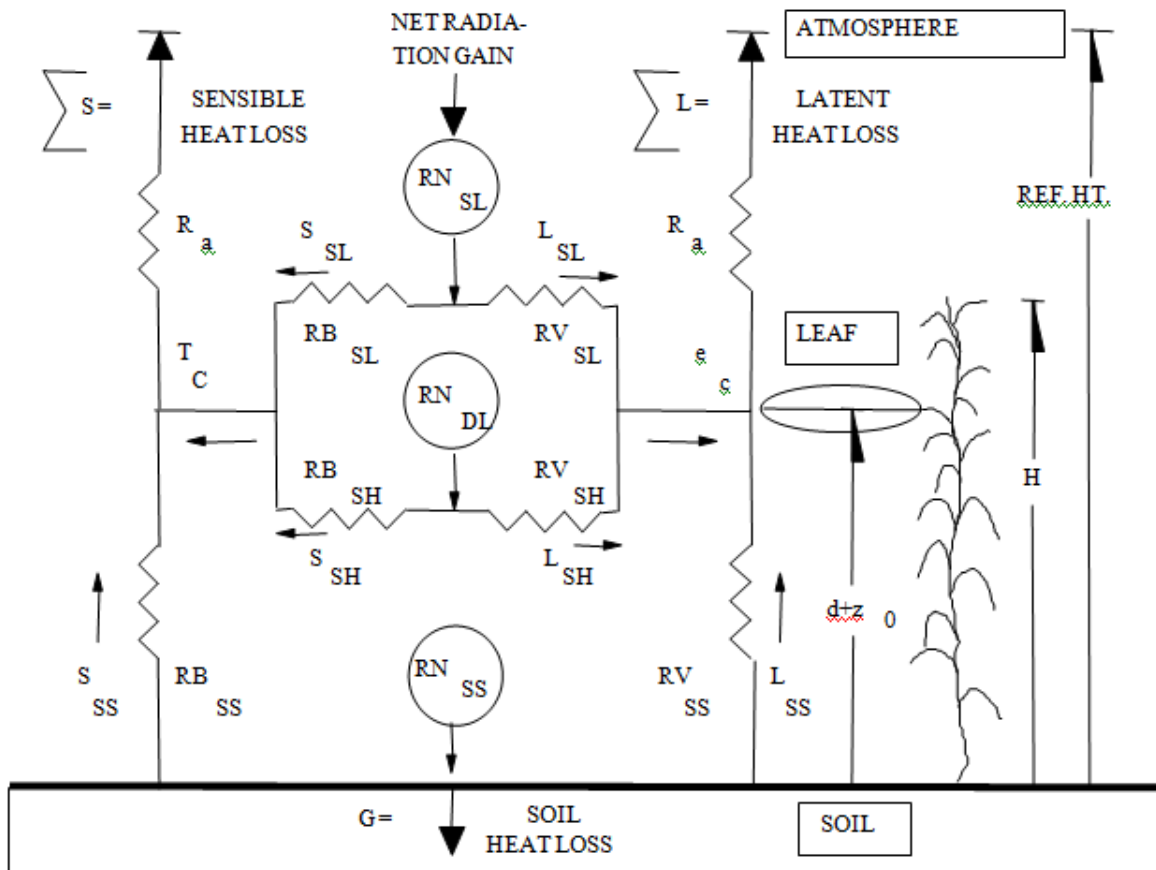


Fig. 1. Diagrama esquemático do modelo original de balanço energia (Jagtap e Jones, 1989) implementado no ETPHOT (Pickering et al., 1995).

Na validação do modelo foram utilizados os dados diários de ET (para os anos de 2002, 2004, 2006 e 2008) do experimento US-Ne2 (41°09'53,5"N, 96°28'12,3"W, 362 mm; <http://ameriflux.lbl.gov/sites/siteinfo/US-Ne2>), rotação de milho/soja irrigado, e do experimento US-Ne3 (41°10'46,8"N, 96°26'22,7"W, 363m; <http://ameriflux.lbl.gov/sites/siteinfo/US-Ne3>), rotação milho-soja em sequeiro.

Essa opção para calcular a evapotranspiração usando o balanço de energia não está disponível atualmente na versão oficial da versão v4.7 do DSSAT. Este código revisado foi submetido ao grupo de desenvolvimento DSSAT, e está previsto que esta opção de balanço de energia esteja disponível para todos os usuários do modelo CROPGRO na versão v4.8 do DSSAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta os resultados temporais observados e simulados, pelo CROPGRO com a parametrização da ET pelo método FAO-56 (Penman-Monteith, Allen et al., 1998) e o modelo EB, da biomassa nas vagens (kg ha⁻¹). Em geral, o CROPGRO produziu bons resultados com ambos os modelos de ET. No entanto, para os anos com estresse hídrico mais severo, 2002 e 2004, o modelo com o EB teve um desempenho melhor.

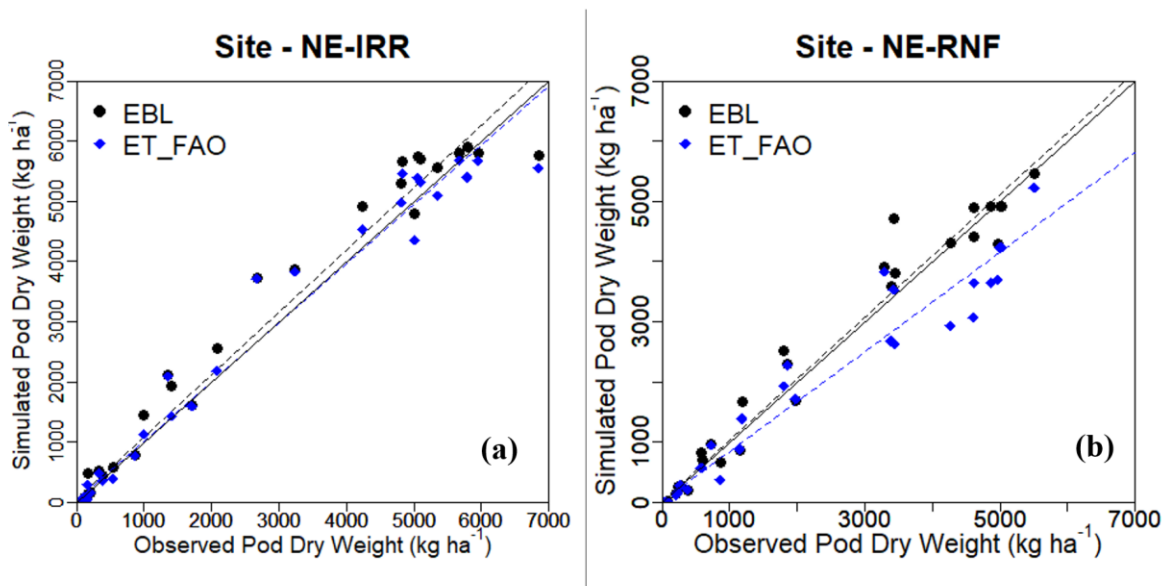


Fig. 2. Biomassa seca das vagens para a cultura da soja observada (kg ha^{-1}) versus simulada, com o método de evapotranspiração FAO-56 (diamante azul) e parametrização do balanço de energia (EB) (diamante preto), para tratamentos irrigados (a) e sequeiro (b) (anos de 2002, 2004, 2006 e 2008).

O modelo com a opção do EB melhorou ligeiramente as previsões de ET (Fig. 3 a,b), sob condições irrigadas e de sequeiro, com média simulada mais próxima em quatro dos cinco anos avaliados. Uma melhora significativa do EB em relação ao FAO-56 foi alcançada para a simulação da temperatura do solo nas diversas profundidades avaliadas (Fig. 3 c,d).

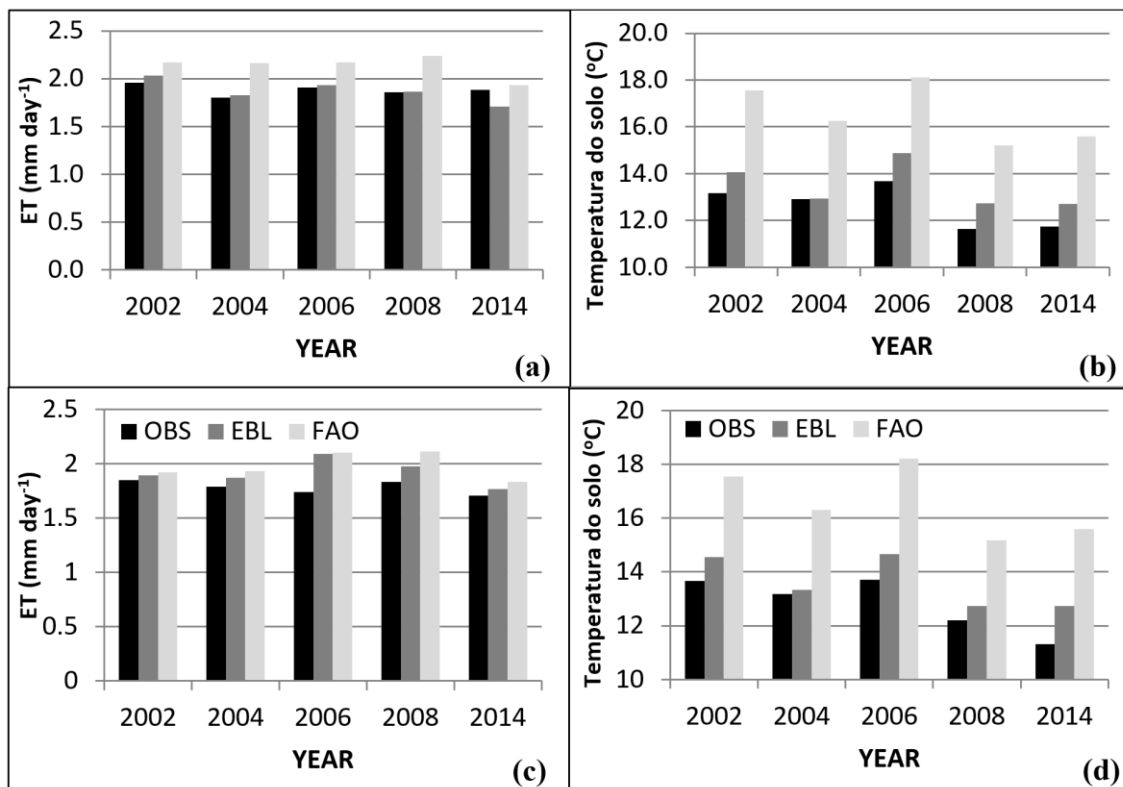


Fig. 3. Evapotranspiração média diária (barras pretas) (mm dia^{-1}) e temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) a 5 cm de profundidade observadas e simuladas pelo modelo CROPGRO, com modelo EB (barras cinza escuras) e com a ET calculada pelo método FAO-56 (barras cinza claras), tratamentos irrigados (a, b) e de sequeiro (c, d), para os safras de 2002, 2004, 2006 e 2008.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O crescimento das culturas, a evapotranspiração e a temperatura do solo foram consistentemente bem simuladas pelo CROPGRO com o método de evapotranspiração FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e o modelo EB (Jagtap e Jones, 1989; Pickering et al. , 1995). No entanto, o modelo EB representa explicitamente muitos processos físicos, em contraste com o método FAO-56, fornecendo assim um método para calcular os impactos da morfologia e fisiologia e manejo das culturas sobre o ambiente onde as culturas são cultivadas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Embrapa pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos o apoio da Gerrit Hoogenboom e da Fundação DSSAT por facilitar este trabalho. Também apreciamos a ajuda de Cheryl Porter, Patricia Moreno, Willington Pavan, Kelly Thorp e Jeffrey White.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Allen, L. H., Jr., D. Pan, K. J. Boote, N. B. Pickering, and J. W. Jones. Carbon dioxide and temperature effects on evapotranspiration and water-use efficiency of soybean. **Agron. J.**, 95:1071-1081, 2003.

Jagtap, S.S., and J.W. Jones. Evapotranspiration model for developing crops. **Trans. ASAE** 32:1342-1350, 1989.

Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijssman, and J.T. Ritchie. The DSSAT cropping system model. **Eur. J. Agron.** 18:235–265, 2003.

Pickering, N. B., J. W. Jones, and K. J. Boote. Adapting SOYGRO V5.42 for prediction under climate change conditions. pp. 77-98. In: C. Rosenzweig, J. W. Jones, and L. H. Allen, Jr. (eds.). *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*, ASA Spec. Pub. No. 59, **ASA-CSSA-SSSA**, Madison, WI, 1995.

RISCO TÉRMICO POR ALTAS TEMPERATURAS PARA O FEIJOEIRO EM PASSO FUNDO - RS

Sidinei Zwick Radons¹; Guilherme Masarro Araujo²; Lana Bruna de Oliveira Engers¹; Mariana Poll Moraes²; Pedro Henrique Welter¹
Autor para correspondência: radons@uffrs.edu.br

¹Universidade Federal da Fronteira Sul; ²Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

O feijoeiro é muito cultivado com pouca tecnologia e em pequenas propriedades para subsistência. Sendo altamente suscetível a temperaturas acima de 28 °C durante a fase reprodutiva, causando o abortamento de estruturas reprodutivas como flores e vagens já formadas, devido o aumento da síntese de etileno. Com base nisso o objetivo desse trabalho foi avaliar o risco térmico para a cultura de feijoeiro no município de Passo Fundo – RS utilizando dados de temperatura máxima do ar coletados no BDMEP, realizando a frequência média de dias desfavoráveis por decêndio (acima de 28 °C). O trigésimo sexto decêndio do ano apresentou o maior risco térmico, com média de 5 dias desfavoráveis, e somente no terceiro e quarto decêndios ocorreram anos que apresentaram 10 dias desfavoráveis.

PALAVRAS-CHAVE: Phaseolus vulgaris; Síntese de Etileno; Abscisão

THERMAL RISK FOR COMMON BEANS DUE TO HIGH TEMPERATURES IN PASSO FUNDO – RS

ABSTRACT

The common bean is very cultivated with little technology, and in small properties for subsistence. Being highly susceptible to temperatures above 28 ° C during the reproductive phase, causing abortion of reproductive structures such as flowers and pods already formed, due to increased ethylene synthesis. Based on this, the objective of this work was to evaluate the thermal risk for bean culture in the city of Passo Fundo - RS using maximum air temperature data collected in the BDMEP, performing the average frequency of unfavorable days per decay (above 28 ° C). The thirty-sixth decade of the year presented the highest thermal risk, with a mean of 5 unfavorable days, and only in the third and fourth decade occurred years that presented 10 unfavorable days.

KEY-WORDS: Phaseolus vulgaris; Ethylene Synthesis; Abscission

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro é sensível à elementos climáticos, pragas, doenças e condição nutricional, fatores que podem explicar as variações e baixas produtividades da cultura (ROCHA et al., 2011). Os elementos meteorológicos podem influenciar significativamente o papel do etileno na abscisão, como é o caso da temperatura do ar (Binder e Petterson, 2009). O estresse é um potencial estimulador da síntese de etileno (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A faixa de temperatura ótima do feijoeiro é de 18 a 24° C, sendo que temperaturas acima de 30° C e abaixo de 12° C comprometem a produtividade, provocando abortamento de flores e vagens, atraso e redução de germinação e desenvolvimento (HOFFMANN JUNIOR et al., 2007). A probabilidade acima de 50 % de um decêndio apresentar temperaturas do ar acima de 32 °C, pode inviabilizar a produtividade econômica da cultura (BARBANO, 2003). Os zoneamentos agrícolas para a cultura, definidos através do ISNA (Índice de Satisfação de Necessidade de Água) a partir do balanço hídrico da cultura (MALUF et al., 2001), não consideram detalhadamente o fator temperatura do ar na definição do risco climático, em especial o risco de estresse por temperaturas elevadas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar qual o período de maior risco e menor térmico para a cultura do feijoeiro no município de Passo Fundo - RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica pertencente ao INMET do município de Passo Fundo, RS, com clima classificado como Cfa (ALVARES et al., 2014). A seleção do município se deu pelo fato do mesmo apresentar estação meteorológica do INMET e cultivo do feijoeiro. Os dados diários, entre 1961 e 2017, foram coletados na plataforma BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.

Assumindo que a partir de 28 °C inicia-se os processos que acarretam em prejuízos no rendimento, foram classificados como dias desfavoráveis quando a temperatura máxima do ar atingisse tal valor (CARGNELUTTI FILHO et al., 2005). Assim, a análise de frequência atua como determinante na indicação de períodos favoráveis e desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura, separando os períodos em 36 decêndios anuais.

Foram calculadas as médias e a frequência de dias desfavoráveis para cada decêndio no período e foi realizada análise de regressão das médias de número de dias desfavoráveis em função dos decêndios, análise realizadas com planilha eletrônica de dados e software Genes (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto maior o tempo em que a planta permanece submetida ao stress, maior será o grau do dano. Portanto, é indicado evitar períodos onde há maiores frequências de elevados número de dias desfavoráveis, ou seja, entre o final da safra e início da safrinha. A medida em que a planta permanece submetida ao stress, maior será o grau dos danos, com isso é indicado evitar períodos onde há maiores frequências de elevados número de dias desfavoráveis, ou seja, entre o final da safra e início da safrinha (SILVA, 2005).

Em Passo Fundo, as condições para o cultivo são muito propícias, como demonstra a Figura 1, no qual o gráfico descreve a relação entre os decêndios e a média de dias desfavoráveis, em 44 anos disponíveis no BDMEP para esta estação meteorológica. Neste caso, é observado um baixo número de dias desfavoráveis, mesmo nos decêndios de maior ocorrência de dias com temperatura superior a 28°C, não ultrapassando 5 dias durante o 36° decêndio, o qual apresentou, em média o período de maior número de dias com elevadas temperaturas para a condição. Entre os decêndios 33 a 4, apresentam entre 3 e no máximo 5 dias com condições que se destacam no gráfico, porém, pode-se considerar um período bastante favorável por apresentar o baixo número de dias com risco térmico.

Dias desfavoráveis (temperatura máxima diária acima de 28°C) em função dos decêndios, em 44 anos analisados para a cidade de Passo Fundo- RS.

Figura 1: Dias desfavoráveis (temperatura máxima diária acima de 28°C) em função dos decêndios, em 44 anos analisados para a cidade de Passo Fundo- RS.

A característica de apresentar temperatura mais amenas na região de Passo Fundo, influenciou em uma porcentagem maior de anos que apresentaram poucos dias desfavoráveis, como apresentado na Tabela 1, onde entre 0 e no máximo 4 dias desfavoráveis foram registrados períodos de alta frequência em boa parte dos anos avaliados, sendo que acima de 4 dias desfavoráveis, em nenhum dos casos (decêndios) ultrapassou 32% dos 44 anos avaliados. Entre o 5° a 32° decêndio, mais de 50% dos anos (em cada decêndio do intervalo citado) apresentou no máximo 1 dia desfavorável, restando (no mínimo) outros 50% dos anos que tenham chances de ocorrer elevadas temperaturas. Um dos casos de maior risco é identificado no 1° decêndio do ano, onde cerca de 16% dos anos ocorreu cerca de 5 dias com temperaturas acima de 28°C e durante os decêndios 3 e 4, foram registrados em 2,3% dos anos analisados temperaturas superiores a 28°C durante os 10 dias de ambos os decêndios.

Tabela 1: Percentual de anos em que ocorreram dias desfavoráveis (temperatura máxima diária acima de 28°C) por decêndio, no município de Passo Fundo - RS.

Decêndio	Número de dias desfavoráveis										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9,1	13,6	20,5	15,9	13,6	15,9	4,5	2,3	4,5		
2	13,6	13,6	29,5	15,9	6,8	6,8	2,3	4,5	4,5	2,3	
3	15,9	6,8	22,7	15,9	13,6	6,8	2,3	6,8	4,5	2,3	2,3
4	27,3	13,6	11,4	6,8	6,8	11,4	6,8	6,8	6,8		2,3
5	38,6	11,4	11,4	22,7	4,5	2,3		4,5		4,5	
6	45,5	15,9	9,1	13,6	6,8	2,3	6,8				
7	43,2	11,4	9,1	2,3	15,9	9,1	2,3	6,8			
8	50,0	9,1	13,6	9,1	6,8	6,8		2,3	2,3		
9	54,5	11,4	18,2	6,8	6,8	2,3					
10	63,6	11,4	9,1	6,8	2,3	4,5	2,3				
11	77,3	13,6	4,5	2,3			2,3				
12	93,2	6,8									
13	97,7	2,3									
14	97,7		2,3								
15	100,0										
16	100,0										
17	100,0										
18	100,0										
19	100,0										

20	100,0										
21	100,0										
22	100,0										
23	100,0										
24	83,7	14,0	2,3								
25	79,5	13,6	2,3	2,3	2,3						
26	75,0	15,9	6,8	2,3							
27	84,1	4,5	6,8		4,5						
28	70,5	22,7	4,5		2,3						
29	68,2	22,7	6,8		2,3						
30	36,4	38,6	11,4	4,5	2,3	4,5		2,3			
31	38,6	29,5	18,2	4,5	2,3		6,8				
32	47,7	20,5	18,2	11,4	2,3						
33	11,4	18,2	22,7	15,9	13,6	11,4	4,5	2,3			
34	11,4	22,7	18,2	22,7	13,6	4,5	4,5		2,3		
35	11,4	18,2	15,9	13,6	15,9	9,1	6,8	6,8	2,3		
36	9,3	9,3	14,0	14,0	23,3	7,0	11,6	4,7	4,7	2,3	

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O trigésimo sexto decêndio do ano (21 a 31 de dezembro) apresenta o maior risco térmico para o município de Passo Fundo devido a apresentar média de quase 5 dias desfavoráveis. Por isso deve-se evitar que o período reprodutivo do feijoeiro coincida com esse período. Todos os decêndios dos meses de dezembro e janeiro apresentam acima de 3 dias desfavoráveis. Somente no terceiro e quarto decêndios ocorreram anos que apresentaram 10 dias desfavoráveis.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton; Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cezar; de MORAES GONÇALVES, José; SPAROVEK, Gerd Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p.711-728. 2014.

BARBANO, Marcelo Trevizan. Risco Climático e épocas de semeadura para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) na safra das águas no estado de São Paulo. **Dissertação mestrado**. Campinas: Instituto Agrônomo. 2003.74p.

BINDER, Brad M; PATTERSON, Sara E. Ethylene-dependent and -independent regulation of abscission. *Stewart Postharvest Review*, v.5, p.1-10, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, Alberto; MATZENAUER, Ronaldo; MALUF, Jaime Ricardo Tavares; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo, da TRINDADE, Júlio Kuhn; SAWASATO, Joaquim Taizo; STOLZ, Álvaro Prestes. Temperatura máximas prejudiciais ao feijoeiro no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p. 1019-1026, set-out, 2005.

CRUZ, C. D. . Programa GENES - versão windows. Aplicativo computacional em Genética e Estatística. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2001. v. 1. 648 p.

HOFFMANN JÚNIOR, Leo; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo; ROSA, Simone Saydelles; JOST, Eevandro; POERSCH, Nerison Luis; MEDEIROS, Sandro Luís Petter. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1543-1548, nov./dez. 2007.

MALUF, Jaime Ricardo Tavares; CUNHA, Gilberto Rocca; MATZENAUER, Ronaldo; PASINATO, Aldemir; PIMENTEL, Márcia Barrocas Moreira; CAIAFF, Márcia Rodrigues. Zoneamento de risco climático para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n. 3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.468-476, ago./dez. 2001.

ROCHA, Paulo Roberto Ribeiro; ARAÚJO, Geraldo Antônio de Andrade; CARNEIRO, José Eustáquio de Souza; CECON, Paulo Roberto; LIMA, Tricia Costa. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, v.24, p.9-17, 2011.

SILVA, Joel Cordeiro. Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do rio grande do sul. 2005. 64 p. **Tese (Mestrado)**-Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, Santa Maria, 2005.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Etileno. In: **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre RS: Artmed, 2013. 918 p.

ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE TRÊS BANCOS DE DADOS METEOROLÓGICOS EM JATAÍ-GO

João Carlos Rocha dos Anjos¹; Derblai Casaroli²; José Alves Júnior²; Jéssica Sousa Paixão¹; Rafael Battisti²
Autor para correspondência: agrojoaocarlos@gmail.com

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO; ²Professor Efetivo, Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

RESUMO

O modelo da Zona Agroecológica proposto pela FAO (ZAE/FAO) é uma importante ferramenta no planejamento agrícola e poderá ser utilizada em Jataí que vem ganhando espaço na produção da cana-de-açúcar. Objetivou-se Comparar o bancos de dados meteorológicos observado (BDMEP) com os estimados (Xavier e Nasa Power), na predição de produtividade potencial (PP) e atingível (PA) da cana-de-açúcar sem e com restrição hídrica, respectivamente, utilizando o modelo ZAE/FAO. Para tal, utilizou-se o banco de dados do BDMEP, do Xavier e do Nasa Power, de 33 anos (1984-2017). Observou-se PP média e seus desvios padrão (?) de 259 (?=11), 275 (?=10) e 267 (?=11) Mg ha⁻¹ de como, quando utilizou como entra no ZAE os dados meteorológico de BDMEP, do Xavier e do Nasa Power, respectivamente. Indicando que Nasa Power foi quem mais se aproximou ($R^2 = 0,51$) do BDMEP na estimativa da PP. Já ao avalia a PA Xavier se ajusta melhor ($R^2 = 0,63$) que o Nasa Power ao dados observados. A PA chega a 200 Mg ha⁻¹ quando utiliza BDMEP no ZAE, com 50% do anos safra com PA acima de 180 Mg ha⁻¹. Ao utilizar os dados de Xavier e Nasa Power no modelo de predição de produtividade, subestimou-se a PA quando comparado ao dados observado.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de safra; modelo ZAE-FAO; *Saccharum spp*

ESTIMATION OF THE PRODUCTIVITY OF SUGARCANE WITH THREE METEOROLOGICAL DATABASES IN JATAÍ-GO

ABSTRACT

The model proposed by the FAO Agroecological zone (ZAE/FAO) is an important tool in agricultural planning and can be used in New Delhi that is gaining space in the production of sugar cane. Objective to compare the observed meteorological databases (BDMEP) with the estimated (Xavier and Nasa Power), in the prediction of potential productivity (PP) and attainable (PA) from sugarcane without and with water restriction, respectively, using the model ZAE/FAO. To this end, we used the BDMEP database, Xavier and Nasa Power of 33 years (1984-2017). The PP medium was observed and their standard deviations (?) of 259 (? = 11), 275 (? = 10) and 267 (? = 11) Mg ha⁻¹ of how, when used as enters the ZAE meteorological data BDMEP, Xavier and Nasa Power, respectively. Indicating that Nasa Power was who else approached ($R^2 = 0.51$) of BDMEP in the estimation of pp. to assess PA Xavier fits best ($R^2 = 0.63$) that the Nasa Power data observed. The PA reaches 200 Mg ha⁻¹ when using BDMEP in the ZAE 50% of the years with vintage with PA above 180 Mg ha⁻¹. When using the data of Xavier and Nasa Power prediction model of productivity, underestimated-if the PA when compared to the observed data.

KEY-WORDS: Crop forecast; ZAE-FAO model; *Saccharum spp*

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como maior produtor mundial de cana-de-açúcar, 10,24 milhões hectares na safra 2017/18. Sendo Goiás o segundo maior produtor nacional (10,81% da área cultivada) (CONAB, 2018), e Jataí seu municípios de relevância neste cenário. Entretanto, a produtividade da cultura ainda é penalizada por falta de dados climatológica que dificulta o manejo da irrigação, período de plantio e o uso de modelos agroecológica que possibilita prever a influencia do ambiente na produtividade agrícola.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibiliza dados climatológicos observados nas estações automáticas e manuais de superfície (INMET, 2018). Entretanto, não cobre todo o município de Jataí, segundo as recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Assim, alguns trabalhos já utilizaram bancos de dados estimados, obtendo resultados positivos, com destaque para o banco de dados conhecido como Xavier e do Nasa Power (Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources) (DENDER; SENTELHAS, 2018).

Dados estimados vêm se tornando uma alternativa viável, isto porque o custo de aquisição e manutenção de estações meteorológicas é alto. No entanto, vale ressaltar que há necessidade de estudos que comprovem sua aplicabilidade e confiabilidade para determinados usos, como no modelo da Zona Agroecológica (ZAE) (DOORENBOS; KASSAM, 1994), utilizado na predição de produtividade das culturas agrícolas por extensionistas e produtores.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Comparar o bancos de dados meteorológicos observado (BDMEP) com os estimados (Xavier e Nasa Power), na estimativa de produtividade potencial e atingível da cana-de-açúcar utilizando o modelo ZAE/FAO no município de Jataí - GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

As simulações de produtividade foram feitas seguindo a metodologia descrita pela FAO, no modelo da Zona Agroecológica (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Assim, estimaram-se a produtividade potencial (PP, Mg ha⁻¹), sem restrição hídrica, e a produtividade atingível (PA, Mg ha⁻¹), com restrição, para a cultura da cana-de-açúcar, em ciclos de 12 meses, sendo a data de plantio/corte 01/04. Para a entrada do modelo ZAE, utilizaram-se diferentes bancos de dados agrometeorológicos: banco de dados meteorológico para ensino e pesquisa - BDMEP (INMET, 2018), correspondente à estação OMM 83464; os estimados por Xavier (2018); e do Nasa Power (2018), obtidos para as coordenadas geográficas do município de Jataí, Goiás, Brasil (17° 54' 36" S; 51° 42' 36" W; altitude de 662,86 m). A série histórica compreendeu o período de 1984 a 2017 (33 anos). As falhas existentes no BDMEP foram preenchidas com as normais climatológicas diárias de cada variável meteorológica.

A evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹) foi obtida pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), sendo esta utilizada para estimar a evapotranspiração potencial de cultura (ET_c=ET_o*K_c), utilizando valores de coeficiente de cultivo (K_c), o fator resposta ao déficit hídrico (k_y) e o índice de área foliar (IAF) os descritos no Boletim FAO (Allen et al., 1998). Já a evapotranspiração real (ETR, mm dia⁻¹) foi obtida pelo balanço hídrico sequencial diário (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), utilizando valor de capacidade de água disponível inicial (CAD_i=18,6mm) e final (CAD_f=99,2mm), sendo obtida a partir dos valores de umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente estimadas por funções de pedotransferência (ASSAD et al., 2001), que tem como variável de entrada a areia total (AT=36%), oriunda do projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981,1982 e 1983), e a profundidade efetiva do sistema radicular inicial (Z_e=0,15m) e final (Z_e=0,80 m) (BONI et al., 2008).

Os resultados foram analisados por estatística descritiva (médias, medianas, desvios) e por testes de regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período avaliado (1984 a 2017) observou-se produtividade potencial (PP), com 50% dos anos safra variando de 273 a 290 Mg ha⁻¹ de colmo ao utilizar banco de dados meteorológico de Xavier no modelo ZAE, sendo estes valores superiores aos observados (BDMEP) e estimados (Nasa Power) (Figura 1A e 1B). Entretanto, observa-se na figura 1C e 1D, melhor ajuste do modelo de previsão da produtividade potencial da cana-de-açúcar quando utiliza dados do Nasa Power. Esses resultados podem ser justificados, pois, a temperatura e a irradiação solar global são variáveis de entrada no modelo ZAE, e são os que mais influenciam na produção de fotoassimilados (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Além disso, essas variáveis meteorológicas apresentam bons ajuste entre Nasa Power e BDMEP (DENDER; SENTELHAS, 2018).

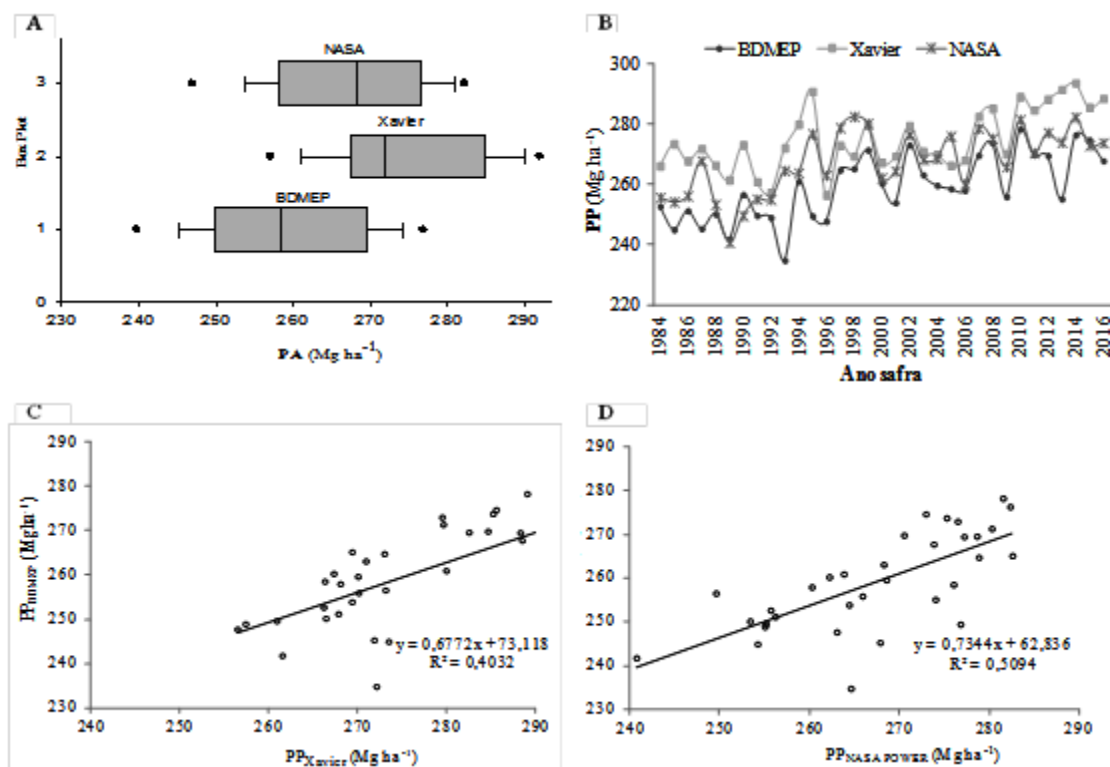


Figura 1. Medidas de tendência (Figura A) de produtividade potencial (PP) ao longo dos anos safra da cana-de-açúcar - 1984 a 2017 (Figura B), e a relação entre a PP utilizando dados meteorológicos observados (BDMEP) e estimados por Xavier (Figura C) e Nasa-Power (Figura D) em Jataí, Goiás, Brasil.

Observa-se produtividade atingível (PA), entre 144 e 200 Mg ha⁻¹ quando utilizado BDMEP no ZAE, com 50% do anos safra com PA acima de 180 Mg ha⁻¹ (Figura 2A e 2B). Entretanto, diferentemente do que ocorreu com a PP, ao utilizar os dados de Xavier e Nasa Power no modelo de previsão de produtividade, subestimou-se a PA quando comparado ao dados observado. Apesar da PA estimada utilizando dados de Xavier melhor se ajustar ($R^2 = 0,63$) ao observado (Figura 2C e 2D), Nasa Power foi quem apresentou menor variação de produtividade ao longo dos anos safra. A melhor ajuste entre a Xavier e BDMEP na previsão da PA, deve-se a baixa eficiência do Nasa Power em estimar a precipitação (DENDER; SENTELHAS, 2018), que é responsável pela penalização da produtividade potencial.

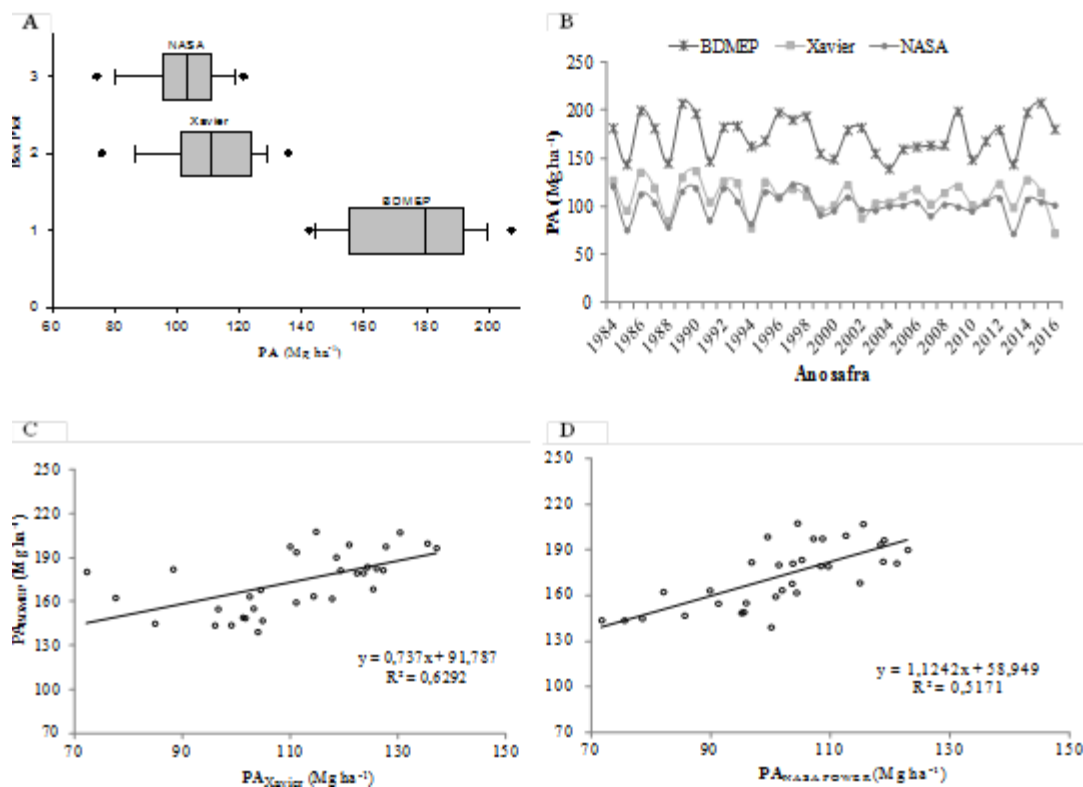


Figura 2. Medidas de tendência (Figura A) de produtividade atingível (PA) ao longo dos anos safra da cana-de-açúcar - 1984 a 2017 (Figura B), e a relação entre a PA utilizando dados meteorológicos observados (BDMEP) e estimados por Xavier (Figura C) e Nasa-Power (Figura D), em Jataí, Goiás, Brasil.

O fato de o estudo ter apresentado maior relação entre as PA usando dados do BDMEP e Xavier do que com Nasa Power pode estar relacionado ao modo de obtenção dos dados. Sendo que Nasa-Power as variáveis meteorológicas são composto por dados de satélite, radiossondas, observações de superfície e modelagem numérica da assimilação de dados com resolução horizontal ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$) (DENDER; SENTELHAS, 2018). Já os dados de Xavier foram estimados a partir de 3.625 estações pluviométricas e 735 estações meteorológicas instaladas na superfície do território brasileiro, sendo as médias correspondentes a grides de alta resolução ($0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$) (Xavier et al., 2016), tornando os mais próximos dos dados observados a partir de estações meteorológica de superfície terrestre (BDMEP).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O banco de dados de Xavier pode ser usado no modelo ZAE na predição de produtividade atingível com até 63% de ajuste ao BDMEP, quanto esse não existir na região. Já na estimativa da produtividade potencial da cana-de-açúcar, os dados de Nasa Power proporciona ajusta melhor do que fornecidos por Xavier.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ASSAD, M.L.L.; SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; ZULLO JÚNIOR, J. Relationship between soil water retention and amount of sand in brazilian soils. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.588-596, 2001.

Bender, f.d. Sentelhas, c.p. Solar Radiation Models and Gridded Databases to Fill Gaps in Weather Series and to Project Climate Change in Brazil. **Advances in Meteorology**, p.15, 2018.

BONI, Guislain et al. Distribuição do sistema radicular do cajueiro-anão precoce (clone CCP-09) em cultivo irrigado e sequeiro, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n.1, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.22 – Goiás, SD.23 – Brasília, SE.22 – Goiânia.** (Levantamento de Recursos Naturais, 25, 29, 31). Rio de Janeiro. 1981, 1982, 1983.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, quarto levantamento, safra 2017/2018**, v.4, n.4, p.1-73, 2018. ISSN: 2318-7921.

DBMEP - **Banco de dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Estudos FAO - Irrigação e Drenagem n.33, 1994. 306p. (Traduzido por Gheyi, H.R. et al. - UFPB).

NASA-POWER - **Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço - Previsão de Recursos Energéticos Mundiais.** Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance.** New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. **Publications in Climatology.**

XAVIER - Banco de dados Meteorológico Brasileiro de 1980-2017. Disponível em: <<https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

XAVIER, ALEXANDRE C., KING, CAREY W.E SCANLON, BRIDGET R. **Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013), *International Journal of Climatology*, v.36 n.6, p.2644–2659, 2016.**

BANCOS DE DADOS CLIMÁTICOS NA ESTIMATIVA DE PENALIDADES POR DÉFICIT HÍDRICO E MANEJO NA CANA-DE-AÇÚCAR

João Carlos Rocha dos Anjos¹; Derblai Casaroli²; José Alves Júnior²; Jéssica Sousa Paixão¹; Adão Wagner Pêgo Evangelista²

Autor para correspondência: agrojoaocarlos@gmail.com

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO; ²Professor Efetivo, Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

RESUMO

O ZAE é uma ferramenta utilizada na predição de produtividade que utiliza variáveis meteorológicas como entrada, entretanto dados observados não cobre todo o território brasileiro (OMM), limitando seu uso no planejamento agrícola. Objetivou-se comparar as penalizações por déficit hídrico (PDH) e por manejo (PMJ) na cana-de-açúcar, utilizando diferentes bancos de dados meteorológicos do município de Jataí, Goiás. Para tal, utilizou dados observados pelo INMET (BDMEP) e estimados por Xavier e Nasa Power, entre 1984-2017. Esses foram utilizados no modelo ZAE/FAO, para a estimativa da produtividade potencial (PP) e atingível (PA). A produtividade real (PR) foi obtida do IBGE (SIDRA). A PDH e a PMJ da cana-de-açúcar foram determinadas por: $PDH=PP-PA$; e $PMJ=PA-PR$. A PDH média na PP de colmo foi $85,9\pm 4,1$ Mg ha⁻¹ quando usou BDMEP. Nasa Power superestimaram a PDH. A melhoria no manejo da cultura, ao longo dos anos safra, proporcionou 140 Mg ha⁻¹ de colmo em Jataí. Xavier podem ser usadas no modelo ZAE na predição de penalidade de produtividade por déficit hídrico e manejo da cana, com 63% e 88% de ajuste ao BDMEP, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento agrícola; modelo ZAE-FAO; *Saccharum spp*

CLIMATIC DATABASES IN THE ESTIMATION OF PENALTIES FOR HYDRIC DEFICIT AND MANAGEMENT ON SUGARCANE

ABSTRACT

The ZAE is a tool used in the prediction of productivity that uses meteorological variables as input, however observed data does not cover the entire Brazilian territory (OMM), limiting your use in agricultural planning. Aimed to compare the penalties for water deficit (PDH) and management (PMJ) on sugarcane, using different meteorological databases in Jataí, Goiás. Used data observed the INMET (BDMEP) and estimated by Xavier and Nasa Power, between 1984-2017. These were used in the model ZAE/FAO, for the estimation of potential productivity (PP) and attainable (PA). Real productivity (PR) was obtained from the IBGE (SIDRA). The PDH and PMJ of sugarcane were determined by: $PDH = PP-PA$; and $PMJ = PA-PR$. There was average as PP PDH was 85.9 ± 4.1 Mg ha⁻¹ the stalks when used BDMEP. Nasa Power overestimated the PDH. The improvement in management of culture has provided 140 Mg ha⁻¹ the stalks in Jataí. Xavier can be used on the model in the prediction of ZAE productivity penalty to water deficit and management the cane, with 63% and 88% of adjustment to BDMEP, respectively.

KEY-WORDS: Agricultural planning; ZAE-FAO model; *Saccharum spp*

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca com maior produtor de alimento, energia e fibra advindos da agricultura e pecuária. Neste cenário a cana-de-açúcar ganha destaque com 10,24 milhões hectares cultivadas e produtividade média de 72,54 Mg ha⁻¹ de colmo, 37,87 milhões de megagrama de açúcar e 27,76 bilhões de litros de álcool. Sendo Goiás o segundo maior produtor nacional (10,81% da área cultivada) (Conab, 2018). Nesse estado tem Jataí, municípios que tem ganhado destaque nos últimos cinco anos com produtividade na área de cultivo e produtividade (IBGE, 2019). Entretanto, Jataí ainda necessita de pesquisa que possam prever as possíveis penalizações por déficit hídrico e manejo da cultura, com isso, planejar seu ano safra e aumenta produtividade.

No planejamento agrícola, produtores e extencionista utilizam informações sobre as possíveis penalizações na produtividade. Sendo o modelo Zona Agroecológica (ZAE) (DOORENBOS; KASSAM, 1994), utilizado nestas predições. Essa ferramenta tecnológica necessita de variáveis climatológicas como entrada, entretanto, essas informações observadas através das estações meteorológicas não cobre todo o município de Jataí segundo as recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Sendo assim, necessário utilizar banco de dados estimados para preenchimento dessas falhas. Alguns trabalhos já utilizaram bancos de dados estimados, obtendo resultados positivos, com destaque para o banco de dados conhecido como Xavier e do Nasa-Power (Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources) (DENDER; SENTELHAS, 2018).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Comparar as penalizações por déficit hídrico e por manejo da cana-de-açúcar, utilizando diferentes bancos de dados meteorológicos do município de Jataí, Goiás, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

As penalizações por déficit hídrico (PDH, Mg ha⁻¹) e por manejo (PMJ, Mg ha⁻¹) na cana-de-açúcar de 12 meses e plantio/corte em 16/04, de 1984 a 2017 foram simuladas para Jataí, Goiás, Brasil (17° 54' 36" S; 51° 42' 36" W; altitude de 662,86 m). Sendo PDH entre a produtividade potencial da cultura (PP, Mg ha⁻¹) e a atingível (PA, Mg ha⁻¹) (PDH=PP-PA). PMJ entre a PA e produtividade real (PR, Mg ha⁻¹), (IBGE, 2019) (PMJ=PA-PR).

Nas simulações de PP e PA o utilizou o Zona Agroecológico - ZAE (DOORENBOS; KASSAM, 1994), sendo a PP sem restrição hídrica, e a PA com restrição. As variáveis meteorológicas de entrada no modelo foram obtidas no banco de dados meteorológico para ensino e pesquisa - BDMEP (INMET, 2018), e os estimados por Xavier (2018); e Nasa Power (2018). As falhas foram preenchidas com as normais climatológicas diárias de suas respectivas origens.

As variáveis de entrada no modelo ZAE foram a evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹), (ALLEN et al., 1998), a evapotranspiração potencial de cultura (ET_c=ET_o*K_c), além do coeficiente de cultivo (K_c), fator resposta ao déficit hídrico (k_y) e do índice de área foliar (IAF), em cada fase fonológica da cultura descritos no Boletim FAO (Allen et al., 1998). Já a evapotranspiração real (ETR, mm dia⁻¹) foi obtida pelo balanço hídrico sequencial diário (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), utilizando valor de capacidade de água disponível inicial (CAD_i=18,6mm) e final (CAD_f=99,2mm), obtidos através da umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente estimadas por funções de pedotransferência (ASSAD et al., 2001), no qual utilizou areia total (AT=36%), oriunda do projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1981,1982 e 1983), e a profundidade efetiva do sistema radicular inicial (Z_e=0,15m) e final (Z_e=0,80 m) (BONI et al., 2008). Considerou crescimento radicular diário, até os 307 dias após o plantio, de 0,26 mm.

Os resultados foram analisados por estatística descritiva (médias, medianas, desvios) e por testes de regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período avaliado (1984 a 2017) observou-se que o estresse hídrico ao longo do ano de cultivo penalizou a PP de colmo em $85,9 \pm 4,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ quando usou o BDMEP no modelo ZAE (Figura 1A e 1B). Sendo, que Xavier e Nasa Power superestimaram a penalidade por déficit hídrico chegando a valores médios de até $79,7 \pm 3 \text{ Mg ha}^{-1}$ superior a BDMEP.

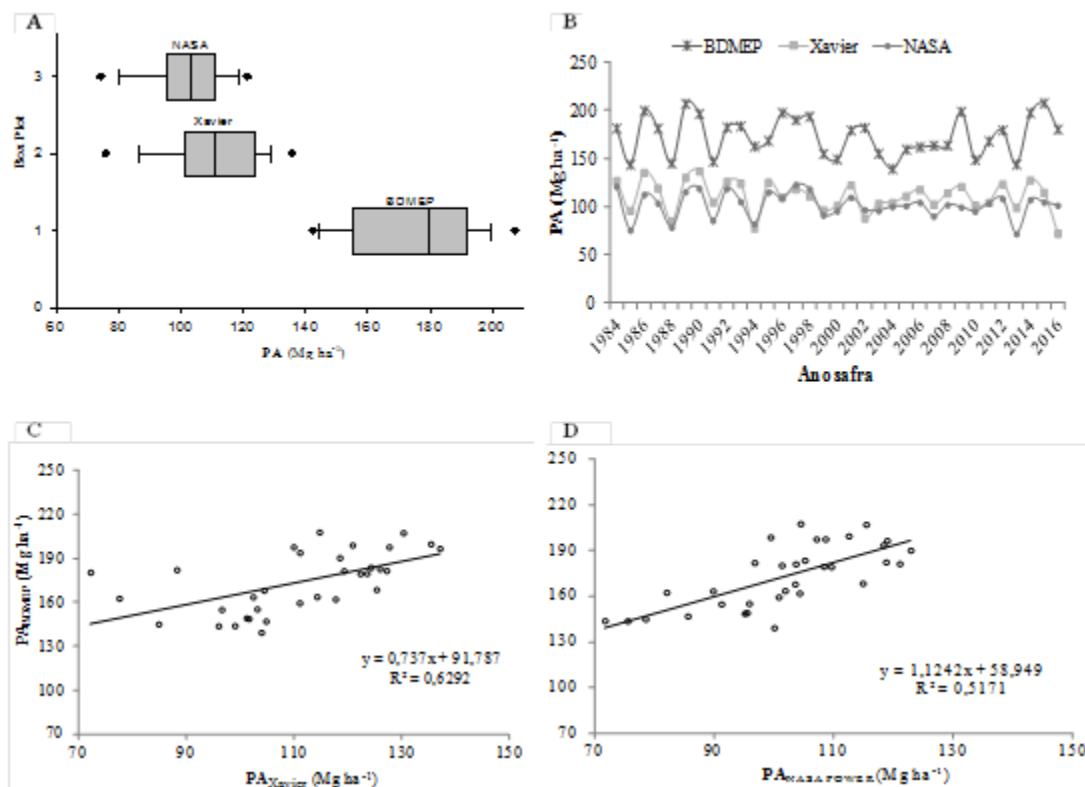


Figura 1. Medidas de tendência (? é média e seu erro padrão) (Figura A), penalização da produtividade por déficit hídrico (PDH) ao longo dos anos safra da cana-de-açúcar - 1984 a 2017 (Figura B), e a relação entre a PDH utilizando dados meteorológicos observados (BDMEP) e estimados por Xavier (Figura C) e Nasa-Power (Figura D), em Jataí, Goiás, Brasil.

Os resultados acima corroboram com estudos de Dender & Sentelhas (2018), que observaram baixo coeficiente de determinação ($R^2=0,2$) quando comparou a precipitação observada com a estimada por Nasa Power. Esses autores justificam o resultado a alta variabilidade espacial local associada à topografia e cobertura terrestre que dificultada a obtenção da variável meteorológica quando se utiliza dados de satélite, radiossondas, observações de superfície e modelagem numérica com resolução horizontal ($1^\circ \times 1^\circ$). Além disso, na figura 1C e 1D observa que a PDH estimados apresentaram ajuste de apenas 63% ($R^2=0,63$), e 55% ($R^2=0,55$) dos dados observados quando utilizado no modelo Xavier e Nasa Power, respectivamente. Xavier, diferentemente de Nasa Power, estima a chuva a partir de 3.625 estações pluviométricas e 735 estações meteorológicas instaladas na superfície do território brasileiro, sendo essa correspondentes a grades de alta resolução ($0,5^\circ \times 0,5^\circ$) (Xavier et al., 2016).

Observa-se que a falta de manejo adequado dos fatores produção agrícola como adubação, controle de plantas daninha, pragas e doenças penalizou a produtividade de colmo em média $42,2 \pm 6,9 \text{ Mg ha}^{-1}$, em Jataí (Figura 1A). Diferentemente do que ocorreu com PDH, Xavier e Nasa Power passou a subestimar a penalidade por manejo da cultura (PMJ), quando comparado ao BDMEP.

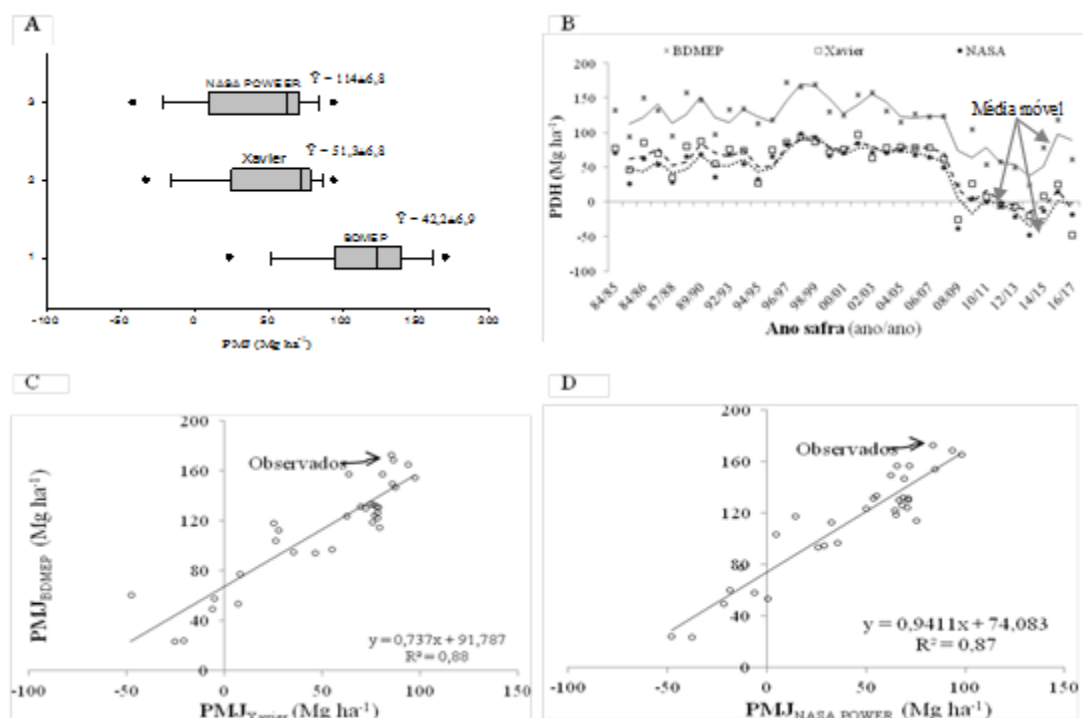


Figura 2. Medidas de tendência (? é média e seu erro padrão) (Figura A), penalização da produtividade por manejo (PMJ) ao longo dos anos safra da cana-de-açúcar - 1984 a 2017 (Figura B), e a relação entre a PMJ utilizando dados meteorológicos observados (BDMEP) e estimados por Xavier (Figura C) e Nasa-Power (Figura D), em Jataí, Goiás, Brasil.

O erro ocasionado quando se utilizou bancos de dados estimados no modelo ZAE ficou claro pela presença de PDH negativo (Figura 2B). Isso, não é possível na prática, pois, mesmo que suprisse toda necessidade hídrica da cultura e controlasse todos os fatores relacionados ao seu manejo, a PR apenas igualaria a PA ($PR \leq PA$). Mesmo apresentando essas falhas, observa-se ajuste de até 88% ($R^2 = 0,88$) entre os dados observados e os estimados, com variação de apenas um 1% entre os estimados. Interessante ressaltar que Jataí, com a aplicação de tecnologia no manejo da cana, melhorou muito o manejo nos anos safra de 2006/2007 a 2016/2017, principalmente nos últimos cinco anos, obtendo crescimento exponencial e chegando a PR de colmo em 140 Mg ha^{-1} (IBGE, 2019), superior ao estado goiano $73,86 \text{ Mg ha}^{-1}$ (CONAB, 2018), justificando sua utilização quando os dados observados não existir.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As variáveis meteorológicas do banco de dados de Xavier podem ser usadas no modelo ZAE na predição de penalidade de produtividade por déficit hídrico e manejo da cana, com 63% e 88% de ajuste ao BDMEP, respectivamente. Já Nasa Power pode ser usados na simulação de penalidade por falhas no manejo da cana, com até 87% de aproximação dos observados. Ambas as fontes quando utilizadas no modelo de predição auxiliam no planejamento agrícola.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ASSAD, M.L.L.; SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; ZULLO JÚNIOR, J. Relationship between soil water retention and amount of sand in brazilian soils. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.588-596, 2001.

Bender, f.d. Sentelhas, c.p. Solar Radiation Models and Gridded Databases to Fill Gaps in Weather Series and to Project Climate Change in Brazil. **Advances in Meteorology**, p.15, 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.22 – Goiás, SD.23 – Brasília, SE.22 – Goiânia.** (Levantamento de Recursos Naturais, 25, 29, 31). Rio de Janeiro. 1981, 1982, 1983.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, quarto levantamento, safra 2017/2018**, v.4, n.4, p.1-73, 2018. ISSN: 2318-7921.

DBMEP - **Banco de dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Estudos FAO - Irrigação e Drenagem n.33, 1994. 306p. (Traduzido por Gheyi, H.R. et al. - UFPB).

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acessado em 01 de maio de 2019.

NASA POWER - **Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço - Previsão de Recursos Energéticos Mundiais.** Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance.** New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. **Publications in Climatology.**

XAVIER - Banco de dados Meteorológico Brasileiro de 1980-2017. Disponível em: <<https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

XAVIER, ALEXANDRE C., KING, CAREY W.E SCANLON, BRIDGET R. **Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013), *International Journal of Climatology*, v.36 n.6, p.2644–2659, 2016.**

FATORES INFLUENTES NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO DO OESTE BAIANO.

Daniel Pereira Guimarães¹; Elena Charlotte Landau¹; Gabriel Ribeiro Brandão²
Autor para correspondência: daniel.guimaraes@embrapa.br

¹Pesquisador(a) da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; ²Discente de Graduação da Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG

RESUMO

A região do MATOPIBA, acrônimo das siglas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia é uma nova fronteira agrícola do Brasil cuja exploração deu-se a partir de meados da década de 1980 em área de solos arenosos, baixa capacidade de retenção de água e riscos climáticos ocasionados pela alta demanda evaporativa da atmosfera e riscos de degradação ambiental. As alterações espaço-temporais e os impactos da temperatura na superfície dos oceanos foram analisados com o uso de uma rede neural artificial. Os resultados mostraram tendências de alterações em função dos meses do ano, da longitude, durante os últimos 35 anos e a temperatura da superfície do Atlântico Sul. A temperatura do Pacífico – Niño 3.4 exerce pouca influência na evapotranspiração de referência da Mesoregião do Extremo Oeste Baiano. As maiores variações da evapotranspiração ocorrem no sentido longitudinal correspondendo às mudanças do bioma Cerrado para a Caatinga. Temperaturas abaixo da média no Atlântico Sul tendem a aumentar a ETo entre os meses de julho a outubro, período de maior estiagem, e o inverso ocorre com o aumento da temperatura oceânica. O processo de modelagem indicou uma forte tendência de aumento da evapotranspiração entre os anos de 1983 e 2018, que pode estar relacionado às mudanças climáticas, alterações no albedo ou a variações climáticas naturais uma vez que a região sofreu forte estiagem entre os anos de 2010 e 2016.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; Rede Neural; Temperatura Oceanos

FACTORS AFFECTING THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ON THE WEST OF BAHIA REGION.

ABSTRACT

The Matopiba Region, an acronym of the Brazilian States of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia, is considered a new agricultural frontier on this country. Its agricultural exploration began in the mid-1980s in areas of sandy soils, low water retention capacity, and climatic risks due to the high evaporative demand of the atmosphere and risks of environmental degradation. Spatio-temporal changes and the impacts of temperature on the surface of the oceans changes were analyzed using an artificial neural network. The results showed trends of change during the last 35 years related to the months of the year, the longitude and the surface temperature of the South Atlantic Ocean. Changes on the temperature of the Pacific Ocean - Niño 3.4 showed little influence on the reference evapotranspiration of the Mesoregion “Extremo Oeste da Bahia”. The greatest variations of the evapotranspiration occur in the longitudinal direction, corresponding to the changes from the Cerrado biome to the Caatinga biome. Below average temperatures in the South Atlantic Ocean tend to increase ETo between July and October, the period of greatest drought, and the opposite occurs with the increase in ocean temperature. The modeling process indicated a strong tendency to evapotranspiration increase between the years 1983 and 2018, which may be related to climate changes, changes in albedo or natural climatic variations since the region suffered a severe drought between 2010 and 2016.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; Neural Network; Sea Surface Temperature

INTRODUÇÃO

O agronegócio tem se tornado a atividade mais dinâmica e produtiva do país e seu crescimento se baseia no uso de sistemas de produção eficientes baseados no conhecimento de informações sobre o clima, manejo dos solos, nutrição de plantas, melhoramento genético e biotecnologia. Esses avanços no conhecimento vêm contribuindo para a prática da agricultura em áreas antes consideradas como marginais como as de solos arenosos. Nesse contexto situa-se a mesorregião do Extremo Oeste Baiano, principal polo de produção de grãos do Matopiba. A região possui uma extensão territorial de 117 mil km² e situa-se entre as coordenadas -10,05° e -15,30° de latitude sul e entre -43,25° e -46,70° de longitude oeste (Santos et al. 2018). A oferta hídrica relacionada aos cursos d'água e o Aquífero Urucua contribuíram para a rápida expansão da agricultura irrigada na região. Sano et al. (2011) mostram a rápida expansão das áreas agrícolas e da pecuária nessa região e que em 2005 o município de Luís Eduardo Magalhães já contava com 55% de sua área destinada para a produção de grãos, especialmente soja, milho e algodão. No entanto, o grau de conhecimento sobre a região é ainda limitado. Batistella e Valladares (2009) evidenciaram a associação entre a expansão agropecuária e a degradação ambiental durante a abertura e expansão da fronteira agrícola no Extremo Oeste Baiano. Embora a abertura dessa nova fronteira agrícola tenha se dado a partir da década de 1980, apenas em maio de 2015 o governo federal instituiu o DECRETO nº 8447 criando o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba (PDA-Matopiba) visando o ordenamento de políticas agrícolas e pecuárias para essa região.

Na área agrícola, a caracterização da variabilidade climática é de grande importância para a definição e uso racional dos sistemas de produção a serem implementados. A disponibilidade hídrica apresenta relação direta com o crescimento e produção das culturas. A relação entre a entrada de água nos solos (chuva, irrigação) e a perda de água para a atmosfera pela evaporação do solo e transpiração das plantas (evapotranspiração) determina o cálculo do balanço hídrico onde os excedentes e escassez de água são contabilizados (Camargo & Camargo, 2000). Enquanto as informações sobre as chuvas estão disponíveis (ex: Agência Nacional de Águas - <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>), informações sobre a evapotranspiração são limitadas em função da inclusão de diferentes variáveis meteorológicas em sua determinação. Na mesorregião do Extremo Oeste Baiano existem apenas duas estações meteorológicas convencionais com séries históricas de dados superiores a 20 anos. A evapotranspiração de referência, anteriormente referenciada como evapotranspiração potencial, apresenta importância essencial para definir o uso racional da água na agricultura, atividade de maior consumo desse recurso natural (Carvalho et al. 2011). Fundamental também para a determinação do Coeficiente de Cultura (Kc) que representa a demanda hídrica das culturas agrícolas (Bezerra e Oliveira, 1999), para a formulação de modelos de crescimento e produção (Calve, 2011) e para a elaboração de zoneamentos agrícolas de riscos climáticos (Steinmetz e Silva, 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Identificar a variabilidade espacial da evapotranspiração de referência na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano, tendências das variações espaço-temporal e as relações funcionais com a temperatura da superfície do mar no Atlântico Sul (0-20°S, 30°W-10°E) e Pacífico (5°N-5°S, 170°W-120°W) visando contribuir para o uso de práticas agrícolas apropriadas para as condições climáticas locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A insuficiência de séries históricas de dados meteorológicos, especialmente em países de grandes dimensões e áreas remotas, caso típico do Brasil, tem-se buscado a combinação de informações obtidas por estações terrestres com bases de dados originadas de plataformas remotas (sensores embarcados em satélites) e outras derivadas de informações em grade (Warta et al. 2015). Optou-se pela utilização das informações meteorológicas diárias distribuídas pelo sistema NASA-POWER (<https://power.larc.nasa.gov>) (Stackhouse et

al., 2015) em grid de 0,5° x 0,5° a partir de 1981. Após julho de 1983 foram incorporadas as informações sobre a radiação solar permitindo o acesso à todas as variáveis requeridas para a determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith. As variáveis meteorológicas incluídas no cálculo são: temperatura máxima, mínima e média (°C), umidade relativa (%), pressão atmosférica (kPa), velocidade do vento a 10 m (m/s) e radiação solar (kWh/m²/dia). A determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith é dada pela equação:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \lambda \frac{900}{(T+273)} U_2 (es - ea)}{\Delta + \lambda(1 + 0,34U_2)} \quad \text{Eq. (45)}$$

Onde:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm d⁻¹),

R_n = saldo de radiação na superfície (MJ.m⁻².d⁻¹),

G = fluxo de calor sensível no solo (MJ.m⁻².d⁻¹),

T = temperatura média do ar a 2 m do solo (°C),

U_2 = velocidade do vento a 2 m (m.s⁻¹),

es = pressão de saturação de vapor (kPa),

ea = pressão parcial de vapor (kPa),

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa.°C⁻¹),

λ = coeficiente psicrométrico (kPa.°C⁻¹).

Essa fonte de dados foi usada pelo Grupo de Estudos em Agrometeorologia da Unesp para o desenvolvimento do aplicativo para smartphones EVAPO que permite a determinação da evapotranspiração de referência atual e histórico para qualquer ponto no país (Maldonado et al. 2019).

A figura 1 mostra a localização geográfica da mesorregião do Extremo Oeste Baiano no Brasil e os pontos indicativos das séries históricas das variáveis meteorológicas do sistema NASA POWER usadas para a determinação da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith. Para fins de análise, as evapotranspirações diárias foram convertidas para bases mensais em consonância com as informações sobre a temperatura nos oceanos disponibilizadas pela agência americana NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* (www.cpc.ncep.noaa.gov) e apresentadas na Figura 2.



Figura 1. Localização geográfica da mesorregião do Extremo Oeste Baiano e grid das séries meteorológicas do sistema NASA POWER sobre a área.

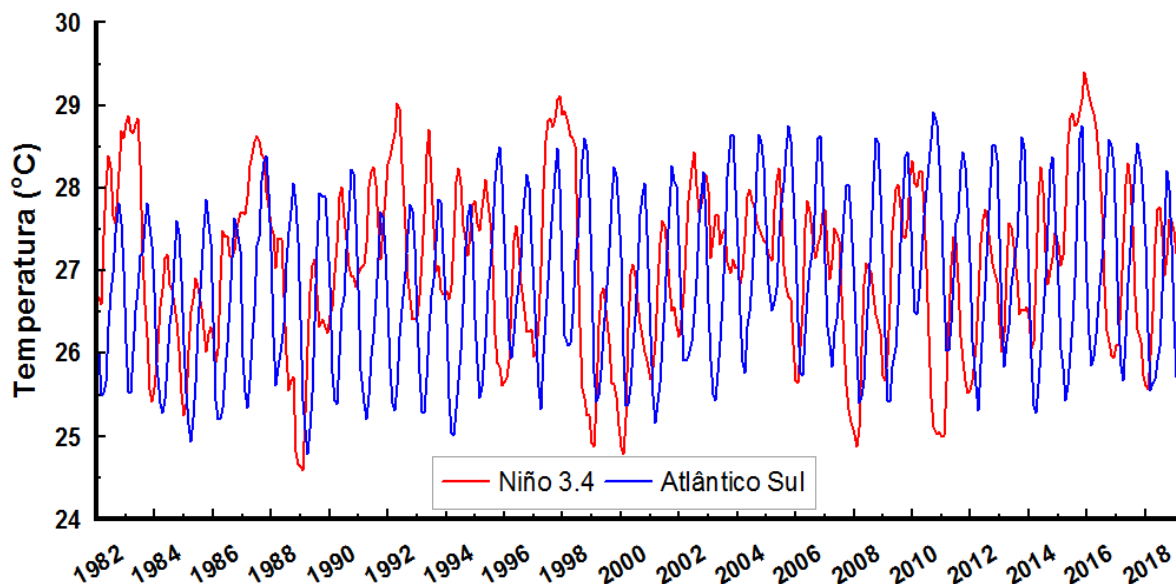


Figura 2. Variação mensal da temperatura da superfície do oceano Pacífico (Niño 3.4) e do Atlântico Sul entre 1982 e 2019. Fonte: www.cpc.ncep.noaa.gov.

A análise da variabilidade espaço-temporal e dos efeitos da temperatura de superfície dos oceanos Atlântico Sul e Pacífico (Niño 3.4) sobre a evapotranspiração de referência (ETo) foi efetuada pelo treinamento de uma rede neural artificial do tipo regressão neural cuja arquitetura é apresentada na Figura 3.

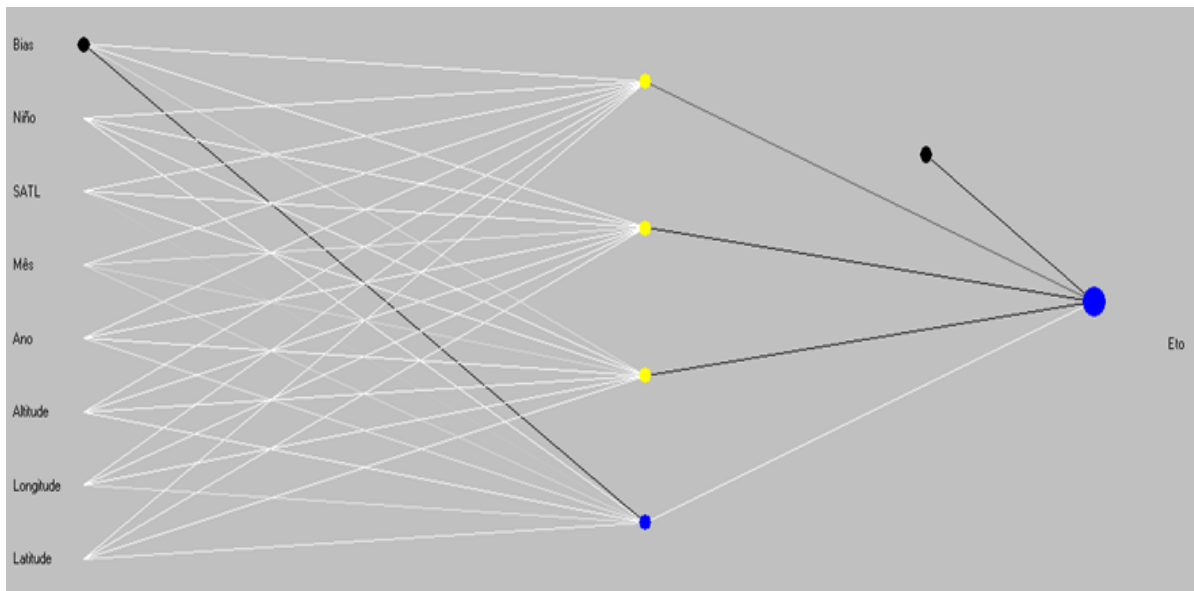


Figura 3. Arquitetura da rede neural artificial usada para a modelagem da variabilidade da evapotranspiração de referência (ETo) no Oeste Baiano.

As variáveis incluídas na análise expressam as variações de localização (latitude, longitude e altitude), de tempo (mês e ano) e as temperaturas na superfície do mar (Niño = Niño 3.4 e SATL = temperatura da superfície no Atlântico Sul). Bias refere-se ao erro aleatório. Foram adotadas 4 camadas de neurônios sendo uma destinada para identificar as associações de tendências lineares e as demais para a modelagem das associações não-lineares. Para o treinamento da rede neural artificial usou-se o software Tiberius (<http://www.tiberius.biz/>) e os processos iterativos foram mantidos até a estabilização dos erros residuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a estabilização dos resíduos pelos processos iterativos, obteve-se a seguinte equação neural:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{ETo} = & (((3.42740e-02 * (((Latitude * (4.50754e-04)) + 5.70204e-03) + ((Longitude * (1.54361)) + \\
 & 69.44710) + ((Altitude * (-1.70642e-02)) + 10.97230) + ((Ano * (0.18402)) - 368.14965) + ((Mês * (- \\
 & 1.61514)) + 10.49847) + ((SATL * (3.21146)) - 80.59151) + ((Niño * (0.49080)) - 13.25183) - 40.36524) + \\
 & 0.47864 * (\text{Tanh}(((Latitude * (-0.05375)) - 0.67994) + ((Longitude * (0.12314)) + 5.54044) + ((Altitude * \\
 & (5.92141e-04)) - 0.38074) + ((Ano * (3.68836e-03)) - 7.37856) + ((Mês * (-0.57888)) + 3.76276) + ((SATL \\
 & * (-0.92417)) + 23.19204) + ((Niño * (0.15650)) - 4.22560) + 0.80864)) + 0.85954 * (\text{Tanh}(((Latitude * \\
 & (0.05743)) + 0.72649) + ((Longitude * (-6.86122e-03)) - 0.30868) + ((Altitude * (1.39626e-04)) - \\
 & 8.97795e-02) + ((Ano * (-7.41751e-03)) + 14.83874) + ((Mês * (0.55764)) - 3.62467) + ((SATL * \\
 & (0.25776)) - 6.46867) + ((Niño * (-1.34768e-02)) + 0.36387) + 2.27350e-03)) + 0.14201 * (\text{Tanh}(((Latitude \\
 & * (0.19039)) + 2.40854) + ((Longitude * (-0.14522)) - 6.53387) + ((Altitude * (-7.07807e-04)) + 0.45512) + \\
 & ((Ano * (4.90413e-02)) - 98.10721) + ((Mês * (-0.37541)) + 2.44021) + ((SATL * (-1.88080)) + 47.19889) \\
 & + ((Niño * (-0.55891)) + 15.09058) - 2.63244)) + 1.09164/2.0) + 0.5) * 7.75) + 2.47
 \end{aligned}$$

Onde:

ETo: Evapotranspiração de Referência de Penman-Monteith

Latitude e Longitude: Graus Decimais

Altitude: Metros

Niño: Temperatura do Oceano Pacífico (5°N-5°S, 170°W-120°W)

SATL: Temperatura do Oceano Atlântico Sul (0-20°S, 30°W-10°E)

A estabilização dos pesos sinápticos pelo processo iterativo indicou que as variáveis de input da rede neural artificial explicaram 50% da variabilidade da evapotranspiração potencial na região estudada. Isso quer dizer que a metade das variações estão associadas às relações funcionais das variáveis de input com a variável de saída (ETo) enquanto a outra metade se deve a flutuações naturais do clima ligados às variações das condições atmosféricas.

A figura 4 mostra a evapotranspiração de referência para a Mesorregião do Extremo Oeste Baiano calculada pelo método de Penman-Monteith com base em séries meteorológicas históricas de 35 anos disponibilizadas pelo sistema NASA POWER.

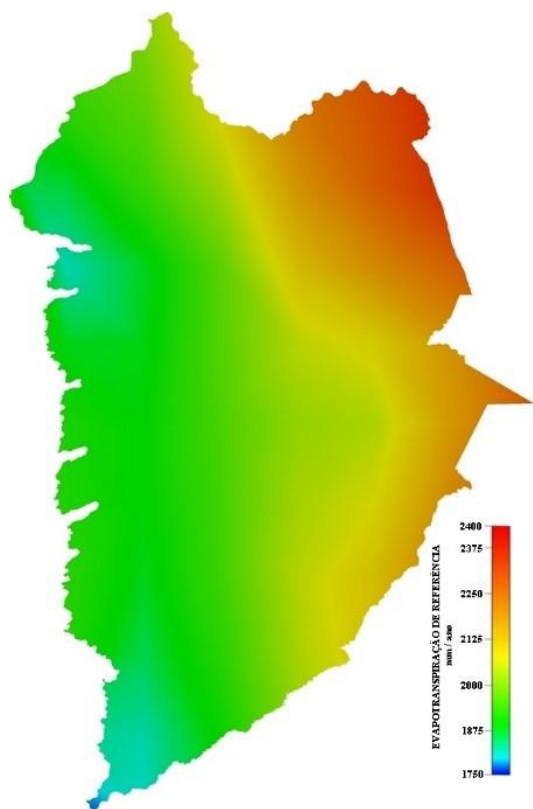


Figura 4. Evapotranspiração de referência média anual na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano.

Os altos valores da evapotranspiração de referência evidenciados na figura 4 (médias diárias variando entre 4,6 e 6,6 mm/dia) são explicados pela alta intensidade de radiação solar, alta intensidade dos ventos sobre uma região de superfície plana, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar durante os meses de estiagem das chuvas. As alterações no sentido longitudinal são claramente evidenciadas e estão associadas com as transições do bioma Cerrado com a Caatinga.

O quadro 1 apresenta o ranqueamento das variáveis de input da rede neural artificial e suas capacidades explicativas das variações espaço-temporal e dos efeitos da temperatura na superfície dos oceanos sobre a evapotranspiração de referência no Oeste Baiano.

Quadro 1: Variáveis de input e suas contribuições para explicar as variações da evapotranspiração de referência (ETo) no Oeste Baiano.

Rank	Variável de Input	Correlação Scrambled	Importância Relativa
1	Mês	0,00992	1,000
2	Longitude	0,61632	0,137
3	Temperatura Atlântico Sul	0,63926	0,104

4	Ano	0,64051	0,103
5	Altitude	0,68516	0,039
6	Latitude	0,68752	0,036
7	El Niño	0,69366	0,027

As variações climáticas ao longo do ano relativas à temperatura (inverno-verão) e a existência de período chuvoso precedido por período de estiagem justifica a identificação do mês do ano como responsável pelas maiores variações temporais da evapotranspiração no Oeste Baiano. Os meses de maiores índices de evapotranspiração de referência vão de julho a outubro, correspondendo ao período de maior déficit hídrico no solo. A figura 5 mostra que as variações na temperatura do Atlântico Sul impactam fortemente a ETo nesse período com fortes tendências de aumento quando a temperatura do oceano apresenta resfriamento.

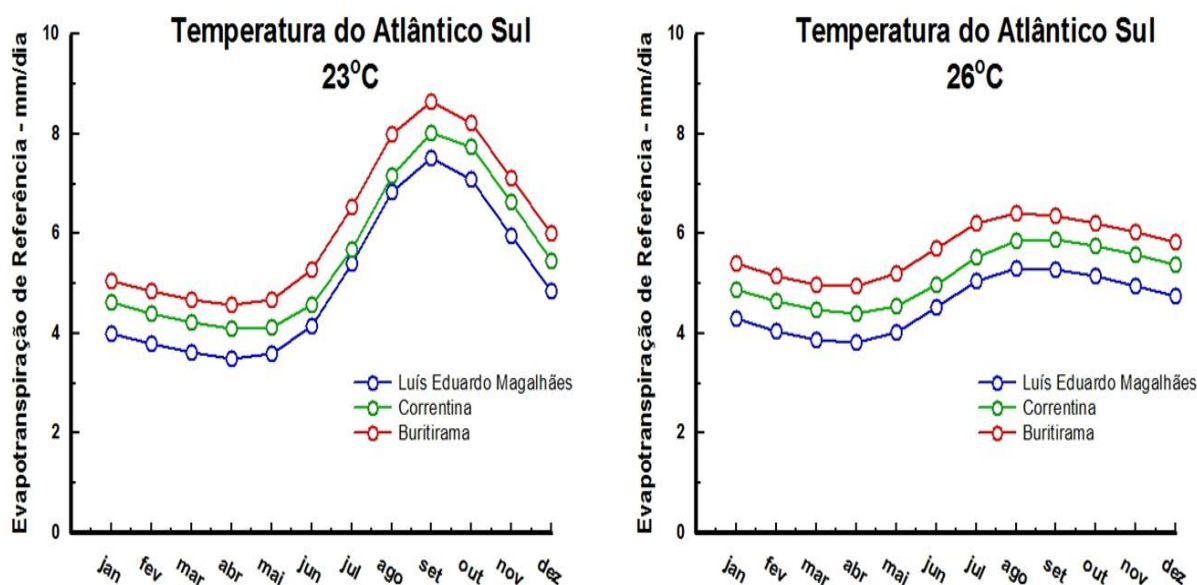


Figura 5. Impactos das alterações da temperatura de superfície do Atlântico Sul sobre a evapotranspiração de referência mensal em municípios do Oeste Baiano.

Esses resultados são coerentes com as análises de Silva et al. (2011) para a região Nordeste do Estado de Pernambuco indicando que a temperatura de superfície do Atlântico Sul apresenta maior correlação com a ocorrência de chuvas que a temperatura do Pacífico Equatorial e que temperaturas maiores no Atlântico Sul tendem a provocar maiores ocorrências de pluviosidade, o que contribui para as reduções na demanda evaporativa da atmosfera com tendências a redução da evapotranspiração de referência.

A figura 6 mostra a distribuição espacial da evapotranspiração de referência observados e estimados pela rede neural artificial no Oeste Baiano nos anos de 1985 e 2015. Os valores observados da evapotranspiração de referência no ano de 1985 foram inferiores aos obtidos pelo processo de modelagem estatística. Nesse período a precipitação pluviométrica na região foi de 1500 mm, o que certamente contribuiu para a redução dos índices de ETo em função das reduções das temperaturas e da radiação solar incidente em função da maior nebulosidade. Valores opostos foram obtidos em 2015 quando os valores de ETo obtidos pelo processo de modelagem foram inferiores aos observados. A precipitação média anual sobre a região em 2015 foi de apenas 621 mm de acordo com as bases de dados do NASA POWER e foram precedidas por precipitações abaixo da média desde o ano de 2010. Nesse caso, os menores índices pluviométricos contribuem para maiores índices de aridez com o consequente aumento da evapotranspiração. Marengo et al. (2018) analisaram os principais fatores influentes nos baixos índices de precipitação sobre a Região Nordeste entre 2010 e 2016 reportando os graves danos econômicos e sociais em mais de 1100 municípios da região.

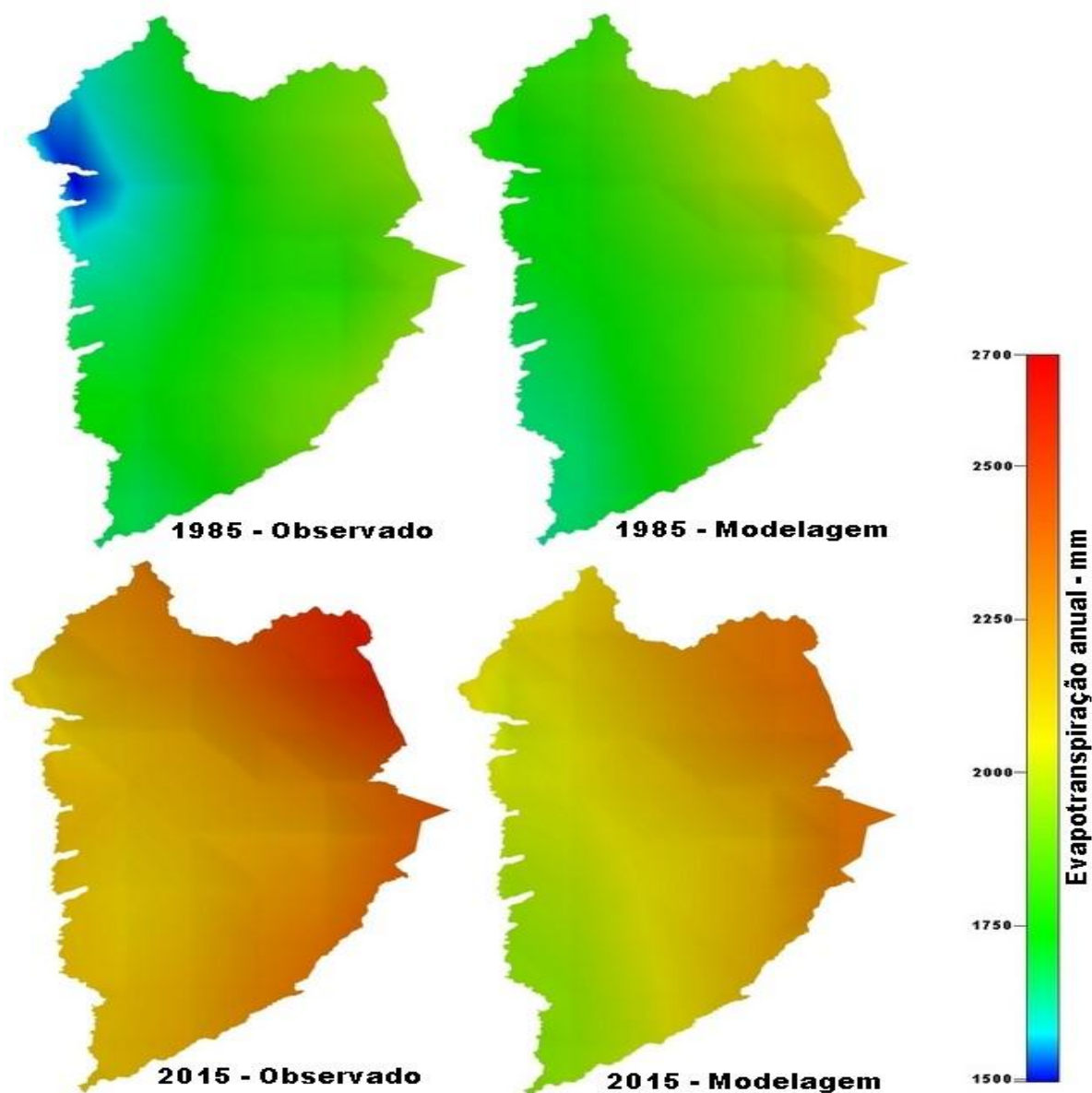


Figura 6. Evapotranspiração de referência observada e estimada pela rede neural artificial no Oeste Baiano nos anos de 1985 e 2015.

Coelho et al. (2015) investigaram o forte período de estiagem que se abateu sobre o Brasil em 2014, especialmente sobre a região sudeste do país com graves consequências ambientais, econômicas e sociais. Em 01/12/2015, o lago da represa de Sobradinho, maior reservatório do Nordeste brasileiro apresentava um volume útil, de apenas 1,03%, menor volume desde sua inauguração conforme dados da Operadora nacional do Sistema Elétrico (ONS) - <http://sdro.ons.org.br/SDRO/DIARIO/index.htm>. Salvador (2014) analisando as tendências de mudanças climáticas na região do MATOPIBA usando séries históricas de dados meteorológicos entre 1965 e 2012 reportou a tendência de mudança nos padrões de chuvas com a redução da pluviosidade no mês de outubro e aumento no mês de março. Para a temperatura, o autor identificou tendências de aumentos generalizados e associou essas tendências às mudanças climáticas e ações antrópicas. Correlações entre os índices oceânico-atmosféricos também foram encontradas com a ocorrência das chuvas na região.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A região do Extremo Oeste Baiano apresenta altas taxas de evapotranspiração para atender as demandas atmosféricas variando longitudinalmente no sentido da transição dos biomas Cerrado – Caatinga.

Temperaturas da superfície do oceano abaixo da média no oceano Atlântico Sul tendem a contribuir para o aumento da evapotranspiração de referência entre os meses de julho e outubro enquanto efeito inverso é verificado no caso de aumento da temperatura marinha.

A região do Extremo Oeste Baiano vem apresentando tendências de aumento na evapotranspiração de referência que podem estar relacionados às mudanças climáticas, alterações no albedo em razão das mudanças do uso e ocupação dos solos ou às variações climáticas naturais.

A adoção de sistemas de produção agrícola que contribuem para a conservação da água nos solos como plantio direto na palha, consórcios de culturas e barreiras quebra-ventos são recomendados para a melhorar a sustentabilidade da agricultura na região do Extremo Oeste Baiano.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BATISTELLA, Mateus; VALLADARES, Gustavo Souza. Farming expansion and land degradation in Western Bahia, Brazil. *Biota Neotrop.*; Campinas, v. 9, n. 3, p. 61-76, Sept. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032009000300005>. Acesso em: 24/05/2019.

BEZERRA, F.M.L.; OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura nos estádios fenológicos da melancia irrigada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.2, p.173-7, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43661999000200173>. Acesso em: 04/06/2019.

BRASIL. Presidência da República, Decreto Nº 8.447/2015, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2015. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8447.htm>. Acesso em: 20/05/2019.

CALVE, Leandro. Estimativa da perda potencial de soja no Paraná através de métodos agrometeorológicos para fins de seguro agrícola. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 116 p. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256873/1/Calve_Leandro_M.pdf>. Acesso em: 21/05/2019.

CAMARGO, Ângelo Paes; CAMARGO, Marcelo B. Paes. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v59n2/a02v59n2.pdf>>. Acesso em: 12/06/2019.

CARVALHO, Luís Gonsaga; RIOS, Gervásio Fernando Alves; MIRANDA, Wezer Lismar; CASTRO NETO, Pedro. Reference evapotranspiration: current analysis of different estimating methods. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, p.456-465, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v41n3/a20v41n3.pdf>>. Acesso em: 21/05/2019.

COELHO, Caio A. S.; OLIVEIRA, Cristiano Prestrelo de; AMBRIZZI, Tércio; REBOITA, Michelle Simões; CARPENEDO, Camila Bertoletti; CAMPOS, José Leandro Pereira Silveira; TOMAZIELLO, Ana Carolina Nóbile; PAMPUCH, Luana Albertani; CUSTÓDIO, Maria de Souza; DUTRA, Lívia Marcia Mosso; ROCHA, Rosmeri P.; REHBEIN, Amanda. The 2014 Southeast Brazil Austral Summer Drought: Regional Scale Mechanisms and Teleconnections. *Clim Dyn* 46: 3737-3752. 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-015-2800-1>>. Acesso em: 17/06/2019.

MALDONADO, WALTER; VALERIANO, TAYNARA TUANY BORGES; DE SOUZA ROLIM, GLAUCO. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 156, p. 187-192, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991830680X>>. Acesso em: 16/06/2019.

MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln M.; ALVALA, Regina C.S.; CUNHA, Ana Paula; BRITO, Sheila; MORAES, Osvaldo L.L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *An Acad Bras Cienc*, 90 (2 Suppl. 1). p. 1973-1985. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0001-37652018000501973&script=sci_arttext>. Acesso em: 09/06/2019.

RODRIGUES CHAVES, Roseane; NOBRE, Paulo. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. *Geophysical Research Letters*, v. 31 n.3, p.1-4. 2004. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2003GL018647>>. Acesso em: 17/06/2019.

SALVADOR, Mozar de Araújo. ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL: REGIÃO DO MATOPIBA. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. Tese de Doutorado em Meteorologia. 2014.

SANO, Edson Eyji; SANTOS, Clóvis Caribe Menezes; SILVA, Euzébio Medrado; CHAVES, Joselisa Maria. Fronteira agrícola do oeste baiano: considerações sobre os aspectos temporais e ambientais. *Geociências*, v. 30(3), p. 479-489, 2011. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7189/6634>>. Acesso em: 28/05/2019.

SANTOS, Crislaine Aparecida Pereira; SANO, Edson Eyji; SANTOS, Pablo Santana. Fronteira agrícola e a dinâmica de uso e ocupação dos solos no Oeste da Bahia. *ACTA Geográfica, Boa Vista*, v.12, n.28, p. 17-32, 2018. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/actageo/article/view/4385/2456>> Acesso: 25/05/2019.

SILVA, Ana Paula Nunes; MOURA, Geber Barbosa de Albuquerque; GIONGO, Pedro Rogério; MEDEIROS, Sérgio Ricardo Rodrigues. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.1, 149 - 156, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n1/a13v26n1.pdf>>. Acesso em: 03/06/2019.

STACKHOUSE JR., P.W; WESTBERG, D.; CHANDLER, W.S; ZHANG, T; HOELL, J.M. Prediction Of Worldwide Energy Resource (POWER) – Agroclimatology Methodology, Version 1.0.2. Washington, DC: The National Aeronautics and Space Administration. 2015. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/documents/Agroclimatology_Methodology.pdf>. Acesso em 01/06/2019.

STEINMETZ, Silvio; SILVA, Silvando Carlos. Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 312. 27 p. 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1064577/1/CNPAF2017doc312.pdf>>. Acesso em: 11/06/2019.

WARTA, Justin Van; GRASSINIA, Patricio; YANG, Haishun; CLAESSENS, Lieven; JARVIS, Andrew; CASSMAN, Kenneth. Creating long-term weather data from thin air for cropsimulation modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.209–210, 49–58, 2015. Disponível em: <<http://www.yieldgap.org/documents/10180/35397/Van%20Wart%20et%20al%20Creating%20long-term%20weather%20data%20from%20thin%20air%20for%20crop%20simulation%20modeling%20AFM15.pdf>>. Acesso em: 16/06/2019.

DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO DO FEIJOEIRO NAS ÉPOCAS DAS ÁGUAS E INVERNO

Ludmilla Ferreira Justino¹; Alexandre Bryan Heinemann²
Autor para correspondência: ludmillafj@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás; ²Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais cultivadas no mundo. Devido ao seu ciclo relativamente curto, o feijoeiro pode ser cultivado em três épocas distintas, que influenciam diretamente sua fenologia. Objetivou-se com este estudo avaliar a variação da fenologia do feijoeiro comum em diferentes datas nas épocas das águas e inverno em Santo Antônio de Goiás, GO, por meio de modelo de simulação. A região de estudo compreende o município de Santo Antônio de Goiás, para o qual foram simuladas as durações das fases fenológicas nas épocas das águas (nas datas de semeadura 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12) e inverno (nas datas de semeadura 01/05, 15/05, 30/05, 15/06 e 30/06), utilizando o modelo CROPGRO Drybean, da plataforma de modelos DSSAT. A duração média do ciclo nas datas da época das águas foi de 77 dias, enquanto que na época de inverno foi de 85 dias, cerca de 11% maior que o ciclo na safra das águas.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L.; DSSAT; Fenologia

PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE BEAN IN THE RAINFED AND WINTER SEASON

ABSTRACT

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are one of the most cultivated legumes in the world. Its cycle is relatively short, the bean can be cultivated in three distinct seasons, which directly influence its phenology. The aim of this study was to study a common phenology variation in different dates in the rainfed and winter seasons in Santo Antônio de Goiás, GO, using the simulation model. The study area comprises the municipality of Santo Antônio de Goiás, for which the durations of the phenological phases in the rainfed season (dates of sowing 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 and 30/12) and winter (sowing dates 01/05, 05/05, 30/05, 06/15 and 06/30), using the CROPGRO Drybean model of the DSSAT model platform. The average water dates were 77 days, while in the winter season it was 85 days, about 11% higher than the cycle in the rainfed season.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris* L.; DSSAT; Phenology

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais cultivadas no mundo, por importância econômica e nutricional e uma grande adaptação edafoclimática. O cultivo do feijoeiro comum é realizado em várias regiões do Brasil, por diferentes tipos de produtores com níveis tecnológicos variados. Porém a agricultura familiar ainda é responsável por grande parte da produção de feijão no país (Silva & Wander 2013).

Devido ao seu ciclo relativamente curto, o feijoeiro pode ser cultivado em três épocas distintas. O cultivo de feijão das águas e da seca no Brasil geralmente é feito por pequenos produtores, que dispõem de baixo nível tecnológico, enquanto que o cultivo de inverno é feito com irrigação (Heinemann et al., 2016).

A época de semeadura e influencia diretamente a fenologia das plantas de feijão, o que torna essencial a determinação destes efeitos para auxiliar no manejo e tomada de decisão. O desenvolvimento e das culturas podem ser estimados por meio de modelos de simulação, que estudam os processos envolvidos na interação entre as plantas e o meio ambiente (Boote et al., 1996).

Dentre os modelos desenvolvidos para o feijoeiro comum, destaca-se o CROPGRO Dry bean, que faz parte da plataforma DSSAT e tem sido muito utilizado na determinação das melhores épocas de semeadura e duração do ciclo (Dallacort et al., 2011; Heinemann et al., 2016; Meireles et al., 2002; Oliveira et al., 2012).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a variação da fenologia do feijoeiro comum em diferentes datas de semeadura nas épocas das águas e inverno em Santo Antônio de Goiás, GO, por meio de modelo de simulação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A região de estudo compreende o município de Santo Antônio de Goiás, GO, onde está situado o programa de melhoramento do feijoeiro. O município está localizado nas coordenadas geográficas latitude sul, 49° 17'00" longitude oeste e altitude de 823 m.

Os dados de fenologia do feijoeiro foram obtidos por meio de simulação, utilizando o modelo CROPGRO Drybean, da plataforma DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (Hoogenboom et al., 2017). Nesse estudo foi utilizada a cultivar Pérola, pois ela é utilizada como referência no programa de melhoramento do feijoeiro para ambas épocas de cultivo. Os parâmetros genéticos desta cultivar foram obtidos de Heinemann et al. (2016).

Foram utilizados dados climáticos diários de 30 anos de (1988 a 2017) no modelo CROPGRO Drybean, provenientes da estação climatológica da Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, GO. Os dados de solo foram obtidos de análises realizadas da região de estudo.

Foram simuladas cinco datas de semeadura para ambas as épocas de cultivo, sendo 01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12 na época das águas, e 01/05, 15/05, 30/05, 15/06 e 30/06 na época de inverno.

Foram avaliados a partir da data de semeadura, os dias para florescimento (ADAP), para surgimento da primeira vagem (PD1P), para a formação da primeira semente (PDFP) e para a maturação fisiológica (MDAP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas a duração das fases fenológicas do feijoeiro simuladas para as cinco datas na época das águas (01/11, 15/11, 30/11, 15/12 e 30/12). A duração entre a semeadura e o florescimento (ADAP) variou entre 40 e 45 dias em todas as datas da época das águas, com menor e maior média na semeadura em 01/11 e 31/11, respectivamente.

A duração entre a semeadura e o surgimento da primeira vagem (PD1P) foi maior nas últimas três datas, sendo que em 30/11, observou-se a maior variação. Já no PDFP (dias para a formação da primeira semente), observou-se valores entre 53 e 58 dias e no MDAT (dias para a maturação fisiológica), entre 74 e 81 dias.

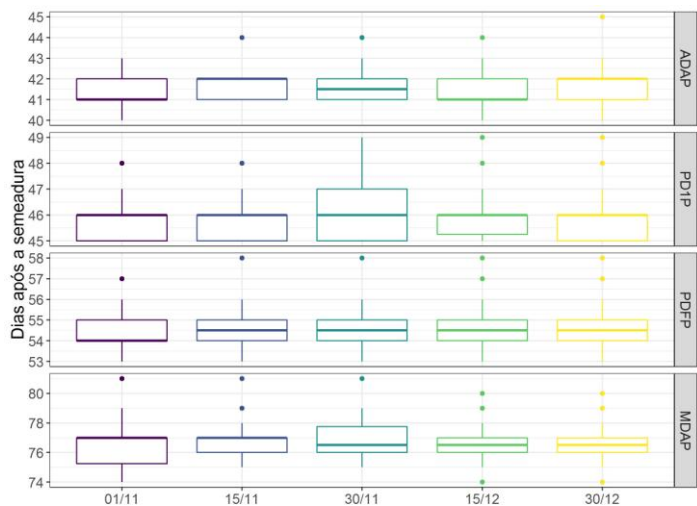


Figura 1. Dias para o florescimento (ADAP), dias para a formação da primeira vagem (PD1P), dias para a formação da primeira semente (PDFP) e dias para a maturação fisiológica (MDAP) simulados para a época das águas nas datas de semeadura em 01/11, 15/11, 30/11, 15/12, 30/12.

Na época de inverno (Figura 2), observou-se maior duração em todas as fases quando comparadas à época das águas (em média 11% maior), devido às baixas temperaturas do ar registrados no período (Teixeira et al., 2017) e à radiação solar reduzida.

Foi observado que na época de inverno (Figura 2), a duração das fases fenológicas do feijoeiro foi decrescendo com o atraso na semeadura para o final de junho, sendo a última data (30/06) a que apresentou menor variação. O ADAP e o PD1P foram menores na primeira data (01/06), variando nas datas posteriores e apresentaram uma média de 47 e 52 dias, respectivamente. Já no PDFP e no MDAT, observou-se médias de 61 e 85 dias, respectivamente.

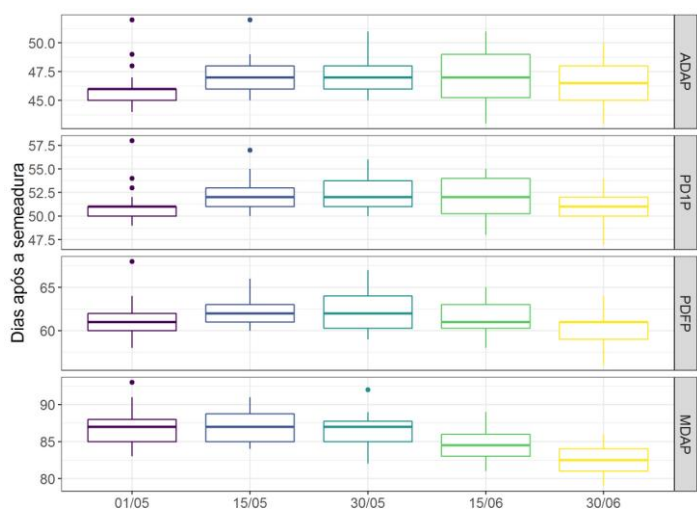


Figura 2. Dias para o florescimento (ADAP), dias para a formação da primeira vagem (PD1P), dias para a formação da primeira semente (PDFP) e dias para a maturação fisiológica (MDAP) simulados para a época de inverno nas datas de semeadura em 01/05, 15/05, 30/05, 15/06, 30/06.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A duração média do ciclo nas datas da época das águas foi de 77 dias, enquanto que na época de inverno foi de 85 dias.

A duração do ciclo no inverno foi cerca de 11% maior que o ciclo na safra das águas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio da Embrapa Arroz e Feijão, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e da Universidade Federal de Goiás (UFG).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; PICKERING, N. B. Potential uses and limitations of crop models. **Agronomy Journal** v. 88, p. 704-716, 1996. Disponível em: <10.2134/agronj1996.00021962008800050005x> Acesso em: 13 fev. 2019.

DALLACORT, R. et al. Simulation of bean crop growth, evapotranspiration and yield in Paraná State by the CROPGRO-Drybean model. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 429–436, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i3.11793>> Acesso em: 13 fev. 2019.

HEINEMANN, A. B. et al. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 225, p. 57–74, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.010>> Acesso em: 13 out. 2018.

HOOGENBOOM, G. et al. 2017. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7** (www.dssat.net). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.

MEIRELES, E.J.L et al. Calibration and test of the CROPGRO-dry bean model for edaphoclimatic conditions in the savanas of central Brazil. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.723-729, out./dez. 2002. Disponível em: <dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000400016> Acesso em: 13 mar. 2019.

OLIVEIRA, E.C. et al. The performance of the CROPGRO model for bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield simulation. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, n. 3, p. 239-246, July-Sept., 2012. Disponível em: <dx.doi.org/10.1590/S1807-86212012000300002> Acesso em: 13 mar. 2019.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O Feijão-Comum no Brasil: Passado, Presente e Futuro**. Embrapa Arroz e Feijão, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89747/1/seriedocumentos-287.pdf>> Acesso em: 13 out. 2018.

TEIXEIRA, G.C da S. et al. Early sowing can improve irrigation water use efficiency and yield of common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 118-126, Jan./Mar. 2017. Disponível em: <dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4743193> Acesso em: 02 jun. 2019.

PRODUTIVIDADE DA SOJA SIMULADA COM BASE EM ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO ENTORNO DE GOIÂNIA, GO

Kayc Richard Dos Santos Rodrigues¹; Rafael Battisti¹; Fábio Miguel Knapp¹; Jéssica Sousa Paixão¹; Derblai Casaroli¹

Autor para correspondência: kaycrodrigues1995@gmail.com

¹Escola de Agronomia - Universidade Federal de Goiás, GO, Brasil

RESUMO

Os elementos climáticos condicionantes da produtividade da cultura da soja podem apresentar grandes variações na microescala em virtude de diferentes níveis de urbanização entre locais no entorno de Goiânia. Essas variações não são consideradas na metodologia do Zoneamento de Risco Climático e podem gerar erros na estimativa de riscos edafoclimáticos. O estudo teve como objetivo avaliar o efeito do microclima nos elementos climáticos, temperatura média do ar e chuva, e seus impactos na produtividade da soja. Foram utilizados dados de quatro estações meteorológicas (EA-UFG; INMET-convencional; INMET-automática e Embrapa) com uma série histórica de 17 anos (2001-2017). A temperatura do ar diferiu de modo significativo entre as estações, contribuindo para variações significativas também na produtividade potencial, sendo a estação INMET convencional (centro de Goiânia) a que apresentou maiores médias, chegando a 25°C. Embora o volume de chuva durante o ciclo da soja tenha sido significativo estatisticamente, a produtividade atingível não diferiu entre as estações meteorológicas. Portanto, observa-se o efeito do microclima sobre os elementos climáticos, mas com o efeito amenizado sobre a produtividade de soja simulada.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática; Urbanização; Fatores climáticos

SOYBEAN YIELD ESTIMATED BASED ON WEATHER STATIONS IN SURROUNDING, GOIÂNIA, GO, BRAZIL

ABSTRACT

Soybean yield is conditioned by the climatic elements, which present great variability in the microscale due to different levels of urbanization between weather stations in surroundings of Goiânia, GO, Brazil. These effects are not considered in the Climatic Zone Risk approach, generating errors in the estimation of edaphoclimatic risks. The aim of this study was to evaluate the effect of the microclimate on the climatic elements, air temperature and rainfall, and their impacts on soybean yield. Data from four weather stations (EA-UFG; INMET-conventional; INMET-automatic and EMBRAPA) were used with a historical series of 17 years (2001-2017). The air temperature differed significantly between weather stations, contributing to significant variations in the potential yield, being the conventional INMET station (downtown of Goiânia), and the one that presented higher averages air temperature (25°C). Although the rainfall amount were different during soybean cycle, attainable productivity did not differ between weather stations. This way, the microclimatic conditions affect climatic elements, but with a reduction effect on simulated soybean yield.

KEY-WORDS: Climatic variability; Urbanization; Climatic factors

INTRODUÇÃO

O risco climático é um fator constantemente presente na produção vegetal, as condições meteorológicas adversas podem interferir nos processos metabólicos, no crescimento e desenvolvimentos das plantas (MONTEIRO, 2009). Na agricultura até mesmo as práticas culturais são dependentes de condições climáticas (PEREIRA, 2002). Nesse contexto faz-se necessário a adoção de tecnologias que permitam o monitoramento climático visando um planejamento agrícola assertivo com redução de riscos.

Estimativas de produtividade para a cultura da soja utilizando dados climáticos já são uma realidade no Brasil e são frequentemente usados por instituições como a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab e o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – Mapa. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático – Zarc é uma tecnologia que estima os riscos a cultura com base no clima e no solo dos municípios. Entretanto, devido a uma rede de estações meteorológicas que não represente todo território brasileiro (FERREIRA et al., 2017), essas estimativas são realizadas com dados obtidos em localidades distantes da área agrícola de interesse.

Os elementos climáticos estão sujeitos a variabilidades temporais e locais. Essas variabilidades são efeito de fatores do microclima, sendo que, na microescala, o fator preponderante para a variabilidade é a cobertura do solo (PEREIRA et al., 2002), que podem apresentar diferentes níveis de urbanização. Contudo é de grande importância que as variáveis climáticas sejam diretamente obtidas da área agrícola de interesse, especialmente quando se pratica o cultivo de plantas sensíveis ao regime térmico e pluviométrico como é o caso da soja (MONTEIRO, 2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto das variações nos elementos climáticos sob efeito do microclima e nas produtividades potencial e atingível da soja estimadas pelo modelo ZAE-FAO para quatro estações meteorológicas com diferentes níveis de urbanização no entorno de Goiânia, GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado para a região de Goiânia, Goiás, região centro-oeste do Brasil. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw: clima tropical úmido com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C com estação chuvosa no verão (ALVARES et al., 2013). Os dados utilizados foram registrados por quatro estações meteorológicas: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com coleta convencional, localizada a 16° 67'S, 49° 25'W, com 749 m de altitude; e outra de coleta automatizada, localizada a 16° 63'S, 49° 22'W, com 727 m de altitude; estação convencional da Escola de Agronomia, na Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), localizada a 16° 60'S, 49° 28'W, com altitude de 730 m; e estação automática da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizada a 16° 51'S, 49° 28'W, com altitude de 823 m. O período analisado compreendeu uma série histórica de 17 anos (2001 a 2017). Já para simulação de produtividade foi utilizado o modelo da zona agroecológica (Modelo FAO) calibrado por Battisti et al. (2018), considerando data de semeadura de 01/Nov com ciclo de 120 dias entre a semeadura e a colheita.

Para análise dos resultados o delineamento utilizado foi o de blocos causalizados, sendo os blocos representados pelos anos-safras (2001/2002 – 2016/2017) e os tratamentos representados pelas quatro estações meteorológicas. As variáveis chuva e temperatura do ar foram avaliadas no ciclo e na fase de enchimento de grãos. Os resultados foram submetidos a análise de variância e ao teste Tukey, incluindo acumulado de chuva no ciclo e na fase de enchimento de grãos; temperatura média do ar no ciclo e na fase de enchimento de grãos; produtividade potencial (PP) e produtividade atingível (PA). O nível de significância para o teste Tukey foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram variação significativa apenas para as variáveis soma de chuva no ciclo da cultura, temperatura média no ciclo da cultura, temperatura média na fase de enchimento de grãos e produtividade potencial, as quais são apresentadas na Tabela 1. A estação INMET Convencional apresentou

maior valor de temperatura do ar, chegando a 25,01°C durante todo o ciclo, enquanto que a estação da EMBRAPA obteve o valor de 23,47°C. Essas diferenças se dão pelos níveis de urbanização, bem menor no entorno da EMBRAPA, e maior altitude para essa estação. Isolando o efeito altitude, a diferença entre a estação INMET Convencional, localizada no centro de Goiânia, com EA-UFG, localizada na borda final da cidade, chega a quase 0,5°C (Tabela 1).

Tabela 1: Temperatura média do ar na fase de enchimento de grãos (T1) e durante ciclo da cultura (T2), soma da chuva durante o ciclo da cultura (P), e produtividade potencial (PP)

Tratamento	T1 (°C)	T2 (°C)	P (mm)	PP (kg.ha ⁻¹)
INMET Convencional	24,82 a	25,01 a	999 a	5933 a
EA-UFG	24,36 b	24,56 b	922 ab	5896 b
INMET Automática	24,07 b	24,32 b	883 b	5879 b
EMBRAPA	23,23 c	23,47 c	881 b	5799 c
C.V.	1,73	1,88	9,47	0,63

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

A detecção de diferenças significativas entre os locais para a temperatura do ar no ciclo e na fase de enchimento de grãos, proporcionaram também diferenças significativas na produtividade potencial, sendo a estação meteorológica convencional do INMET, localizada no centro urbanizado de Goiânia, a que apresentou maior potencial (Tabela 1, Figura 1a). Esse resultado é explicado pelo regime térmico de cerca de 25°C e a temperatura considerada ótima para o crescimento da soja no modelo ZAE-FAO.

Embora os resultados obtidos para a estação meteorológica convencional do INMET tenham sido superiores, o maior regime térmico nessa localidade pode acelerar o ciclo da cultura, condição não considerada nesta simulação, podendo implicar em uma PP menor. Estudos realizados por Battisti et al. (2017) mostram que o ciclo da soja pode reduzir de 4 a 15 dias com o acréscimo de 1,5°C na temperatura do ar, diferença observada entre as estações INMET Convencional e EMBRAPA.

No caso da chuva, sua variação pode afetar a PA, condição não observada neste estudo, uma vez que a diferença para chuva ocorreu apenas para o total acumulado no ciclo, chegando a 118 mm entre a estação do INMET Convencional e EMBRAPA. Apesar da diferença no ciclo inteiro, não foi observado diferença significativa para a soma de chuvas na fase de enchimento de grãos, visto que esta é a fase em que a penalização pelo déficit hídrico (ky) é maior, o que pode resultar em grandes alterações na PA, como pode ser observado entre as safras de cultivo na Figura 1b.

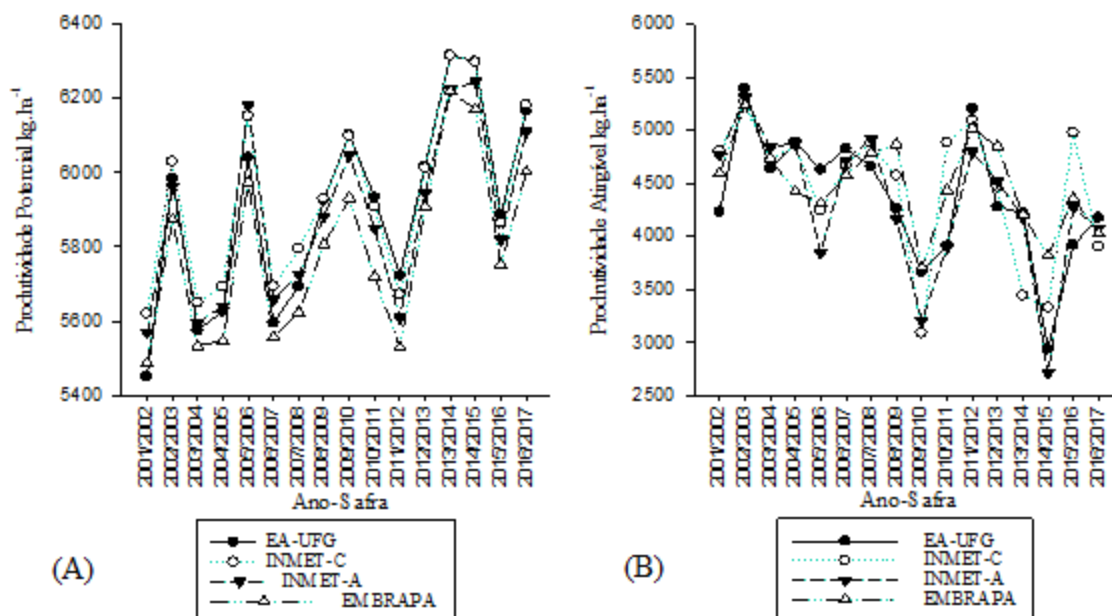


Figura 1: Produtividade potencial (A) e atingível (B) da cultura da soja estimada pelo modelo ZAE FAO para 17 safras de cultivo com a data de semeadura em 01/Nov e ciclo total de 120 dias para quatro estações meteorológicas localizadas no entorno de Goiânia.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com base nos resultados, observou-se um efeito da localização da estação e seu microclima de entorno sobre os elementos climáticos de chuva e temperatura do ar. Pela diferença de temperatura do ar, a produtividade potencial foi afetada significativamente, mas com a estação meteorológica com maior nível de urbanização apresentando maior potencial de produtividade. Para chuva, apesar de ter apresentando diferenças significativas para o acumulado no ciclo, pela menor diferença na fase de enchimento de grão, não houve efeito sobre a produtividade atingível. O estudo apresentou a limitação em não alterar o ciclo da cultura em função do aumento de temperatura do ar, em que excluindo esse fator, dados de estações localizadas em centros urbanos, apesar de apresentar diferenças nos elementos climáticos, o efeito é amenizado sobre a cultura e podem ser utilizadas para fins agrometeorológicos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALVAREZ, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Sensitivity and requirement of improvements of four soybean crop simulation models for climate change studies in Southern Brazil. **International Journal Of Biometeorology** , v. 62, p. 823-832, 2017.
- BATTISTI, R. et al. Soybean Yield Gap in the Areas of Yield Contest in Brazil. **International Journal Of Plant Production**. [s.i.], p. 159-168. out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s42106-018-0016-0>> Acesso em: 10 fev. 2019.
- FERREIRA, R. C; SIBALDELLI, R. N. R; MORAIS, H; SAAB, O.J.G. A; FARIAS, J. R. B. SPATIAL VARIABILITY OF METEOROLOGICAL OBSERVATIONS AND IMPACTS ON REGIONAL ESTIMATES OF SOYBEAN GRAIN PRODUCTIVITY. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina: UEL, v. 38, n. 4, p. 2265-2278, 2017.
- MONTEIRO, J. E. B. (Org.). **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília - DF: INMET Instituto Nacional de Meteorologia. 2009. 546 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.

MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DE AÇAIZEIRO

José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes¹; Glauco de Souza Rolim²; Lucieta Guerreiro Martorano³; Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido¹; João Tomé de Farias Neto³
Autor para correspondência: jose.moraes@ifms.edu.br

¹Instituto Federal do Mato Grosso do Sul; ²Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; ³Embrapa Amazônia Oriental

RESUMO

Modelos de simulação atuam como ferramentas exploratórias, descrevendo a relação quantitativa no tempo entre variáveis meteorológicas e a planta, para estimações de potencial produtivo. Assim, objetivou-se com este trabalho prever a produtividade de açaí usando modelos agrometeorológicos em resposta as condições climáticas na Amazônia brasileira. Dados de produção da cultura foram obtidos da estação experimental da Embrapa Amazônia Oriental localizada no município de Tomé-Açu, Pará, entre o período de 2003 a 2012. Por meio da análise de regressão linear múltipla, método “stepwise forward”, foi realizada a modelagem agrometeorológica, tendo como variável dependente a produtividade e independente as variáveis climáticas, representadas no modelo pela deficiência hídrica, déficit de pressão de vapor, radiação solar e temperatura média, em diferentes estádios fenológicos da planta. Para explicar a eficiência do modelo, foram utilizados os índices estatísticos: erro percentual absoluto médio (MAPE), coeficiente de determinação (R^2 ajustado) e o erro sistemático (ES). Os modelos agrometeorológicos foram precisos e acurados para previsão climática do açaizeiro, com p-valor menor que 0,05, R^2 ajustado de 0,98, MAPE de 5,7% e ES de 0,16. É possível prever a produtividade mensal com antecipação média de 6 meses, subsidiando estratégias de decisão no período de colheita do açaí.

PALAVRAS-CHAVE: Euterpe Oleracea; Amazônia; Modelo de cultivo

AGROMETEOROLOGICAL MODELS FOR FORECASTING AÇAIZEIRO YIELD

ABSTRACT

Simulation models are tools that aid in crop planning, since they simulate responses based on time series of meteorological variables and genetic coefficients of certain crops. This makes it possible to estimate their productive potential. Thus, we seek to predict açaí productivity using agrometeorological models in response to climatic conditions in the Brazilian Amazon. We used production data from the Embrapa Amazônia Oriental crop at the experimental station, located in the municipality of Tomé-Açu, Pará, from 2003 to 2012 and provided for the research. We used multiple linear regression analysis, stepwise forward method. We performed the agrometeorological modeling, having as dependent variable the yield and independent climatic variables: water deficit, vapor pressure deficit, solar radiation and average air temperature, in different phenological stages of the plant. We attempted to explain the efficiency of the model with statistical indices, mean absolute error (MAPE), coefficient of determination (R^2 -adjusted) and systematic error (ES). The agrometeorological models were accurate for açaizeiro climate prediction, with a p-value lower than 0.05, R^2 -adjusted of 0.98, MAPE of 5.7% and ES of 0.16. In the months of higher fruit production per plant, such as December, water deficiency and mean air temperature are the most important climatic variables in the expression of the productive potential of açaí. In the period of lower production with the month of July as reference, the most significant climatic variables are the vapor pressure deficit, solar radiation and water deficit. The water deficit is the variable that influences the açaí productivity and should be considered in the agrometeorological models that allow predicting the average monthly

productivity with six (06) months anticipation, subsidizing decision strategies regarding the product supply and açai yield potential.

KEY-WORDS: Euterpe oleracea; Amazon; Cultivation model

INTRODUÇÃO

O estado do Pará possui a maior área cultivada de açazeiro do mundo (*Euterpe oleracea* Mart.) que representa cerca de 60% da produção brasileira de frutos de açai. O principal produto dos frutos é a polpa processada. A partir de 2002 houve crescente demanda mundial, indicando a necessidade de aumentar a oferta de açai na região (HOMMA e SANTANA, 2009).

Os sistemas de cultivo do açazeiro vêm passando por mudanças nos últimos anos, dada à expansão de novas áreas manejadas em cultivos em terra firme, mas é necessário a utilização de sistema de irrigação (FARIAS NETO et al., 2011) para atender a demanda hídrica da cultura. Contudo, a oferta de frutos ainda está abaixo das demandas de polpa, pelo mercado em nível global. A produção de açai esta fortemente condicionada às condições climáticas, principalmente devido a disponibilidade hídrica do solo.

Modelos agrometeorológicos auxiliam na predição para tomada de decisão em cultivos agrícolas por estimar a produtividade a partir da calibração de modelos com base em dados observados a campo. Mas, para palmeiras, há registros apenas para a palma de óleo. Keong & Keng (2012) descreveram a relação quantitativa no tempo entre variáveis meteorológicas e cachos de frutos, relatando que aborto da inflorescência e determinação do sexo são influenciados pela umidade no solo, tendo um período de latência de 9 a 11 e 22 a 23 meses antes da colheita, respectivamente. Enquanto, Hutha et al. (2014) simularam adequadamente a produtividade em diferentes sistemas de manejos, sendo possível prever respostas tanto para o tempo futuro como para o manejo de fertilizantes.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se com este trabalho prever a produtividade de açai usando modelos agrometeorológicos em resposta as condições climáticas na Amazônia brasileira.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na estação experimental da Embrapa Amazônia Oriental localizada no município de Tomé-Açu, Pará, no nordeste paraense, aproximadamente entre as latitudes de 01°57'38'' e 03°16'37'' S e as longitudes de 47°53'32''W e 48°49'15W. Foram obtidos dados mensais de produtividade, peso total de frutos por planta, número de cachos por planta e peso médio de cem frutos, referente ao período de 2003 a 2012.

Dados de precipitação pluvial (P) diária foram obtidos na base de informações da Agência Nacional de águas (ANA), referentes ao período de 2000 a 2012. Dados de temperaturas do ar máxima (TMAX), mínima (TMIN), média (TMED), irradiância solar global (RAD) e de evapotranspiração potencial (PET), foram estimados pelo sistema do European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) com resolução espacial de 25 x 25 km (longitude x latitude).

Os dados de déficit de pressão de vapor para o local de estudo foram utilizados para estimar a demanda hídrica atmosférica, por meio da diferença da pressão de saturação de vapor menos a pressão parcial de vapor.

Com os dados meteorológicos foi estimado o balanço hídrico da região, conforme proposto por Thornthwaite e Mather (1955) com capacidade de água disponível (CAD) igual a 125 mm.

Neste trabalho foram considerados seis estádios fenológicos para o açaizeiro, sendo descritos a seguir: (1) Lançamento e desenvolvimento inicial de folha (LDI); (2) Folha madura (FLM), que se encontra embainhada por outras folhas; (3) folha velha (FLV), folha mais externa que envolve o desenvolvimento inicial da espata; (4) Emissão da espata (EE); (5) Inflorescência e floração (IF); (6) frutificação e maturação (FM). Esses eventos duram, em média, 18 meses (Oliveira, 2002).

Com base na descrição fenológica da planta e de posse dos dados climáticos da região, foi realizada análise de regressão linear múltipla, por meio do método “stepwise forward” de seleção de variáveis. Esta análise permitiu entender a influência de cada elemento meteorológico em cada estágio de desenvolvimento na produtividade. As variáveis climáticas avaliadas foram deficiência hídrica (DEF), TEMP, RAD e DPV, sendo as variáveis sempre representadas a partir de 18 meses antes, até a colheita de cada cacho. O critério para adicionar ou remover uma variável em qualquer etapa foi expresso em termos do teste F.

Para explicar a eficiência do ajuste e do modelo de previsão, foi utilizado o erro percentual absoluto médio (MAPE), o coeficiente de determinação (R^2 ajustado) e o erro sistemático (ES).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Tomé-Acú apresenta uma sazonalidade característica da Amazônia, dividida entre período chuvoso e menos chuvoso, que pode em determinados meses atingir DEF no solo, enquadrando-se a condição de meses secos região. Nesse local os índices pluviométricos (P) mais expressivos foram registrados entre os meses de fevereiro e maio, com valores acima de 350 mm e, as menores cotas pluviométricas ocorreram entre julho e setembro com chuvas abaixo de 50 mm (Figura 3.a).

No período do estudo, a TMED da região ficou entre 25,5°C. A TMAX apresentou a maior amplitude anual de 27,7 °C e 32,3°C, em abril e outubro, respectivamente. A amplitude térmica da TMIN teve variações próximas a 1°C, com valores variando de 21,8°C em julho a 22,7 °C, em novembro (Figura 3.a).

Entre os meses de julho a novembro o solo passa por valores de DEF, sendo os maiores déficits nos meses de setembro e outubro, com cerca de 75 mm (Figura 3.b). Por outro lado, entre os meses de dezembro a maio ocorrem valores de excedentes hídricos (EXC) com médias maiores que 100 mm.

Outubro é o mês com os menores valores de umidade relativa (UR) com valor próximo a 82%, ocorrendo também os maiores valores de RAD com 22,5 MJ m⁻² dia⁻¹. De forma distinta, em abril a UR chegou a valores acima de 90% e RAD próximo a 15 MJ m⁻² dia⁻¹ (Figura 3.c), reforçando que nessa época do ano a atmosfera está com mais nebulosidade, fato esse explicado pela presença da Zona de Convergência Intertropical (Martorano et al., 2017). O DPV e a ETP são variáveis que estão diretamente relacionados, seguindo o mesmo padrão de variação mensal, com menores ocorrências no mês de abril e as maiores nos meses de setembro e outubro (Figura 3.d).

Figura 3. Variáveis meteorológicas média na região de Tomé-Acú; a) distribuição mensal da precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C); b) Balanço hídrico (mm). c) Umidade relativa (%) e irradiância solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); d) Déficit de pressão de vapor- DPV (KPa) e Evapotranspiração potencial – ETP (mm).

O modelo foi capaz de prever com uma antecipação de 6 a 9 meses, sendo estes entre os meses de janeiro, maio, junho, agosto, setembro e novembro. Nos meses de maior produção de frutos por planta, como dezembro, o modelo considerou DEF(FVL), DEF(LDI) e TEMP(FM) como variáveis climáticas mais importantes na produção nos referidos estádios da planta. Para o DEF os modelos de previsão foram negativamente correlacionados, pois responde a restrição de água no solo com baixas produções, e positivamente para TEMP (Tabela 1). No mês de menor produção de frutos (julho), as variáveis climáticas de maior influência nos estádios fenológicos considerados foram DPV(FLM), RAD(FM) e DEF(EE). O modelo foi significativo com p-valor menor que 0,05, R^2 ajustado de 0,98, MAPE de 5,7% e ES de 0,16 (Tabela 1).

Tabela 2. Modelo mensal para a previsão da produção de frutos por planta de açaizeiro, em Tomé-Açu, PA. Legenda das variáveis meteorológicas: TEMP (temperatura média do ar); DEF (deficiência hídrica); DPV (défice de pressão de vapor); RAD (irradiância solar global). Estádios fenológicos: LDI (lançamento e desenvolvimento inicial); FLM (folha madura); FLV (folha velha); EE (emissão de espata); IF (inflorescência e floração); FM (frutificação e maturação).

Meses	Modelos	p-valor	R ² adj	MAPE(%)	ES
Prod _{Jan}	$50,242 - 1,322 \times \text{TEMP}_{(IF)} - 0,469 \times \text{TEMP}_{(EE)} - 0,157 \times \text{TEMP}_{(FLM)}$	0,001	0,98	1,12	0,94
Prod _{Fev}	$-0,469 + 2,218 \times \text{DPV}_{(FM)} + 0,002 \times \text{DEF}_{(FM)} - 0,005 \times \text{DEF}_{(FLM)}$	0,012	0,99	4,78	0,48
Prod _{Mar}	$-0,061 + 3,421 \times \text{DPV}_{(EE)} - 0,003 \times \text{DEF}_{(IF)} + 0,001 \times \text{DEF}_{(FM)}$	0,005	0,97	3,64	0,49
Prod _{Abr}	$3,223 + 1,715 \times \text{DPV}_{(IF)} - 0,188 \times \text{RAD}_{(FLM)} - 0,002 \times \text{DEF}_{(FM)}$	0,005	0,98	3,83	0,57
Prod _{Mai}	$-122,113 + 4,772 \times \text{TEMP}_{(FLV)} + 0,005 \times \text{DEF}_{(EE)} - 0,001 \times \text{DEF}_{(IF)}$	0,010	0,89	7,90	0,60
Prod _{Jun}	$13,174 + 0,246 \times \text{RAD}_{(LDI)} - 0,837 \times \text{RAD}_{(FLV)} + 0,0004 \times \text{DEF}_{(EE)}$	0,001	0,99	2,05	0,39
Prod _{Jul}	$1,796 + 3,628 \times \text{DPV}_{(FLM)} - 0,124 \times \text{RAD}_{(FM)} + 0,001 \times \text{DEF}_{(EE)}$	0,010	0,98	5,64	0,32
Prod _{Ago}	$9,167 + 3,046 \times \text{DPV}_{(EE)} - 0,161 \times \text{RAD}_{(EE)} - 0,252 \times \text{TEMP}_{(LDI)}$	0,001	0,99	8,61	0,43
Prod _{Set}	$8,576 + 1,713 \times \text{DPV}_{(FLV)} - 0,429 \times \text{RAD}_{(FLM)} + 0,001 \times \text{DEF}_{(FLV)}$	0,004	0,98	21,62	0,40
Prod _{Out}	$3,841 - 0,007 \times \text{DEF}_{(FLV)} - 0,166 \times \text{RAD}_{(IF)} - 1,230 \times \text{DPV}_{(FM)}$	0,041	0,89	14,43	0,52
Prod _{Nov}	$2,313 - 0,004 \times \text{DEF}_{(FLM)} + 0,380 \times \text{DEF}_{(IF)} - 2,154 \times \text{DPV}_{(IF)}$	0,006	0,94	6,78	1,33
Prod _{Dez}	$-68,307 - 0,436 \times \text{DEF}_{(FLV)} - 0,010 \times \text{DEF}_{(LDI)} + 2,775 \times \text{TEMP}_{(FM)}$	0,004	0,91	19,80	1,76

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A deficiência hídrica é a variável que mais influenciam a produtividade da cultura do açaí. É possível prever a produtividade mensal com antecipação média de 6 meses, subsidiando assim, as estratégias de decisão e o planejamento para o período de colheita do açaí.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Embrapa Amazônia Oriental pela disponibilidade dos dados de produção de açaí e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor, possibilitando a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

FARIAS NETO, J.T.; VASCONCELOS, M.A.M.; NOGUEIRA, A.K.M. Produção, processamento e mercado para a cultura do açaí: Irrigação. Coleção Cursos Frutal. Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria - Frutal Amazônia 2011. Pág. 32 – 40. 2011.

HOMMA, A.K.O.; SANTANA A.C. A agroindústria na Região Norte. In: Zibetti DW & Barroso LA (Eds.) **Agroindústria: uma análise no contexto socioeconômico e jurídico brasileiro**. v.1. São Paulo, LEUD. p.19-43. 2009.

HUTHA, N. I.; BANABASB, M.; NELSON, P. N.; WEBB, M. Development of an oil palm cropping systems model: Lessons learned and future directions. **Environmental Modelling & Software**. v. 62, p. 411–419, 2014.

KEONG, Y. K.; KENG, W. M. Statistical Modeling of Weather-based Yield Forecasting for Young Mature Oil Palm. **APCBEE Procedia** 4: p. 58-65. 2012.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; NECHET, D. Tipologia climática do Estado do Pará: adaptação do método de Köppen. **Boletim de Geografia Teórica**, AGETEO-Rio Claro, v. 23, n.45-46, p. 307-312, 1993.

SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE GERMINAÇÃO PRÉ-COLHEITA EM TRIGO NO BRASIL: O MODELO

Gilberto Rocca da Cunha¹; Aldemir Pasinato²; Eliana Maria Guarienti¹; João Leonardo Fernandes Pires¹; Ricardo Lima de Castro¹
Autor para correspondência: gilberto.cunha@embrapa.br

¹Pesquisador na Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.; ²Analista na Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de um modelo de previsibilidade de número de queda (NQ) para acoplagem em um sistema de alerta de risco de germinação pré-colheita em trigo no Brasil por meio do uso de redes neurais artificiais. A base de dados foi gerada por uma série de experimentos realizados em Passo Fundo, RS (28°15'46" S, 52°24'24" W e 684 m altitude), nos anos 2000, 2001, 2014 e 2017. Foram usados, aleatoriamente, 75% dos dados para o treinamento da rede e 25% para teste pós-treino. O modelo desenvolvido, ao possibilitar a previsão de NQ com cinco dias de antecedência, apresenta potencial para ser integrado a um sistema de alerta de risco de germinação pré-colheita em trigo no Brasil para operação na web ou por meio de aplicativo móvel.

PALAVRAS-CHAVE: risco climático; germinação na espiga; *Triticum aestivum* L.

PRE-HARVEST SPROUTING RISK WARNING SYSTEM FOR WHEAT CROP IN BRAZIL: THE MODEL

ABSTRACT

The main goal of this study was the development of a predictability model for falling number to be used in a pre-harvest sprouting risk warning system for wheat crop in Brazil using artificial neural networks. The samples database used was derived from a series of experiments conducted in Passo Fundo, RS, Brazil (28°15'46" S, 52°24'24" W and 684 m altitude), in the years 2000, 2001, 2014, and 2017. Such that a random split of 75% from total samples was used for artificial neural networks training and 25% for the testing. The model developed, which is able to predict falling number (NQ) within five days in advance, presents high potential for integration in a pre-harvest sprouting risk warning system of wheat in Brazil, by means of web or mobile applications.

KEY-WORDS: climatic risk; ear sprouting; *Triticum aestivum* L.

INTRODUÇÃO

A germinação pré-colheita (também chamada de germinação na espiga) em trigo tem sido apontada como uma das causas de redução da qualidade tecnológica desse cereal produzido no Brasil. O problema é mais frequente em regiões e anos quentes, pois temperaturas elevadas diminuem a dormência dos grãos e facilitam o início do processo de germinação ainda na espiga. Esse tipo de ocorrência acontece, especialmente, no sul do País em safras acometidas por chuvas em excesso no período de colheita (CUNHA & PIRES, 2004).

Para que o problema se manifeste, duas condições são necessárias: (1) quebra de dormência durante o período de enchimento de grãos; e (2) chuvas na época de colheita. Pode ser diagnosticado visualmente, quando muito severo, ou, mais comumente, pelo valor do Número de Queda de Hagberg (NQ), entre outros métodos (GUARIENTI et al., 2017).

O desenvolvimento de um sistema de alerta agrometeorológico de risco de germinação pré-colheita em trigo, utilizando-se modelagem e parametrização da relação dormência x clima para as cultivares em uso no Brasil (ANDREOLI et al., 2006; FRANCO et al., 2009; CUNHA et al., 2016) e previsões de temperatura e chuva para cinco dias de antecedência, passível de operação em ambiente Web ou por meio de aplicativo móvel, em tempo quase real, com base no nível de risco regional do problema (baixo, estado de atenção, moderado e alto), pode ser utilizado como fonte de orientação para os produtores brasileiros sobre: (1) áreas/regiões preferenciais para iniciar a colheita; (2) cultivares mais sensíveis, com prioridade para a colheita; e (3) necessidade de colheita antecipada.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de um modelo de previsibilidade de número de queda (NQ) para acoplagem em um sistema de alerta de risco de germinação pré-colheita em trigo no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro passo, para o desenvolvimento de um sistema de alerta de risco de germinação pré-colheita em trigo no Brasil, é o ajuste de um modelo de mensuração desse tipo de dano aos grãos desse cereal, antes da colheita, em função de variáveis meteorológicas ocorridas e previsíveis e da sensibilidade genética das cultivares ora em uso nas lavouras. Nesse sentido, a partir de uma base de dados, gerada por uma série de experimentos realizados em Passo Fundo, RS (28° 15' 46" S, 52° 24' 24" W e 684 m de altitude), nos anos 2000, 2001, 2014 e 2017, foi definido o modelo teórico de alerta de risco de germinação pré-colheita em trigo (GPC Trigo) baseado na previsibilidade da faixa do número de queda (NQ - s) em função das condições ambientais passadas (30 dias, 25 dias, 20 dias, 15 dias e 10 dias) e futuras (5 dias) para temperaturas máximas e mínimas (Tx e Tn), quantidade de chuva (P), número de dias de chuva (NDC), do número de dias após a maturação fisiológica (DAMF), suscetibilidade da cultivar plantada (fator genético - FG) e dormência dos grãos (mensurada/estimada pelo índice de Dormência - ID). O ID, no caso, é uma variável dependente do Fator Genético da cultivar (Suscetível (S), Moderadamente Suscetível (MS) e Moderadamente Resistente (MR) ou Resistente (R)), das condições ambientais nos dias (d) anteriores (Tx_30d, Tn_30d, P_30d e NDC_30d; Tx_25d, Tn_25d, P_25d e NDC_25d; Tx_20d, Tn_20d, P_20d e NDC_20d, Tx_15d, Tn_15d, P_15d, NDC_15d; Tx_10d, Tn_10d, P_10d e NDC_10d; Tx_5d, Tn_5d, P_5d e NDC_5d) e do número de dias após o estágio de maturação fisiológica da cultura (DAMF: 1, 10, 20, 30 e 40 dias).

O modelo de previsibilidade de NQ foi ajustado pelo treinamento de redes neurais artificiais. Ainda na fase de pré-processamento, as amostras com dados de entrada faltantes foram preenchidas com o valor médio dos outros dados de entrada e uma variável auxiliar indicativa de que o dado é desconhecido. As amostras com dados de saída faltantes foram descartadas. Na sequência, os dados de entrada foram reescalados para cumprir o critério de distribuição normal (média zero e desvio-padrão 1). Aleatoriamente, 75% dos dados foram selecionados para treinamento da rede e 25% para teste pós-treino. Foram usadas redes com uma camada escondida e 100 neurônios, função de ativação logística (sigmoide).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O risco de germinação pré-colheita em trigo pode ser inferido pela faixa de enquadramento de NQ previsto pelo modelo, conforme segue:

- $NQ \geq 250$ s: risco baixo;

- $NQ \geq 220$ e ≤ 250 s: estado de atenção;

- $NQ \geq 180$ e ≤ 220 s: risco moderado; e

- $NQ \leq 180$ s: risco elevado.

O teste do modelo, realizado com dados independentes e aleatórios, é apresentado nas figuras 1, 2 e 3, para as cultivares de trigo com fator genético S, MS e MR/R. O resultado do teste, pela relação entre valores de NQ previsto x NQ medido, denota o potencial de uso do modelo em um sistema de alerta desse tipo de risco para o cultivo de trigo no Brasil.

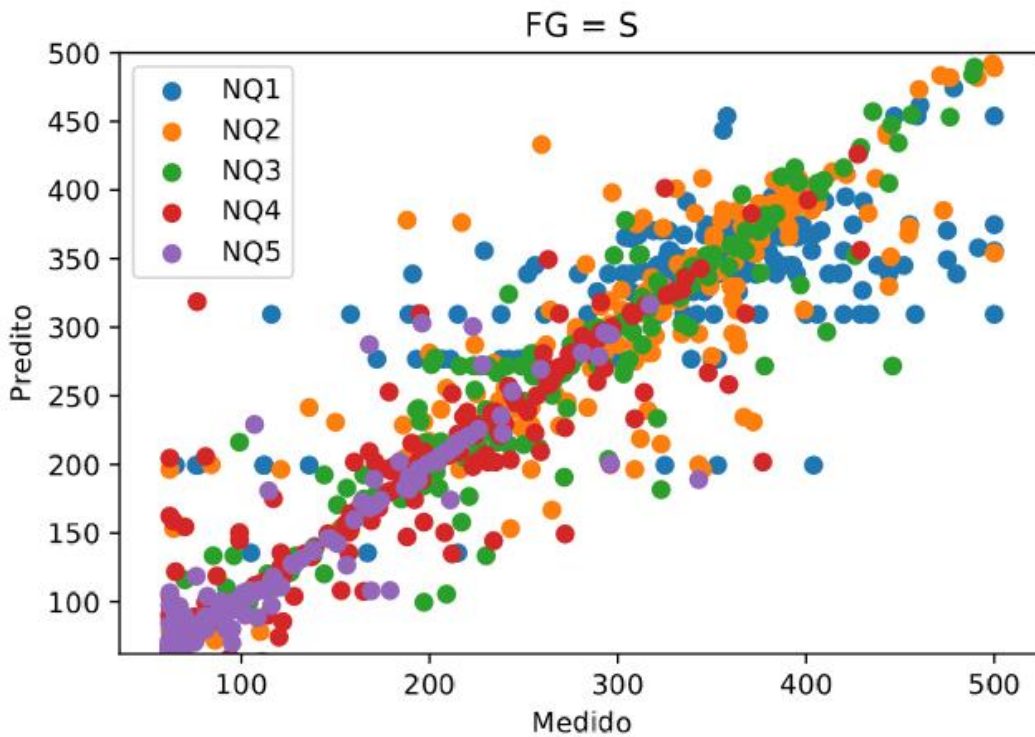


Figura 1: Validação modelo GPC Trigo – Cultivares S. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2019.

Figura 1: Validação modelo GPC Trigo – Cultivares S. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2019.

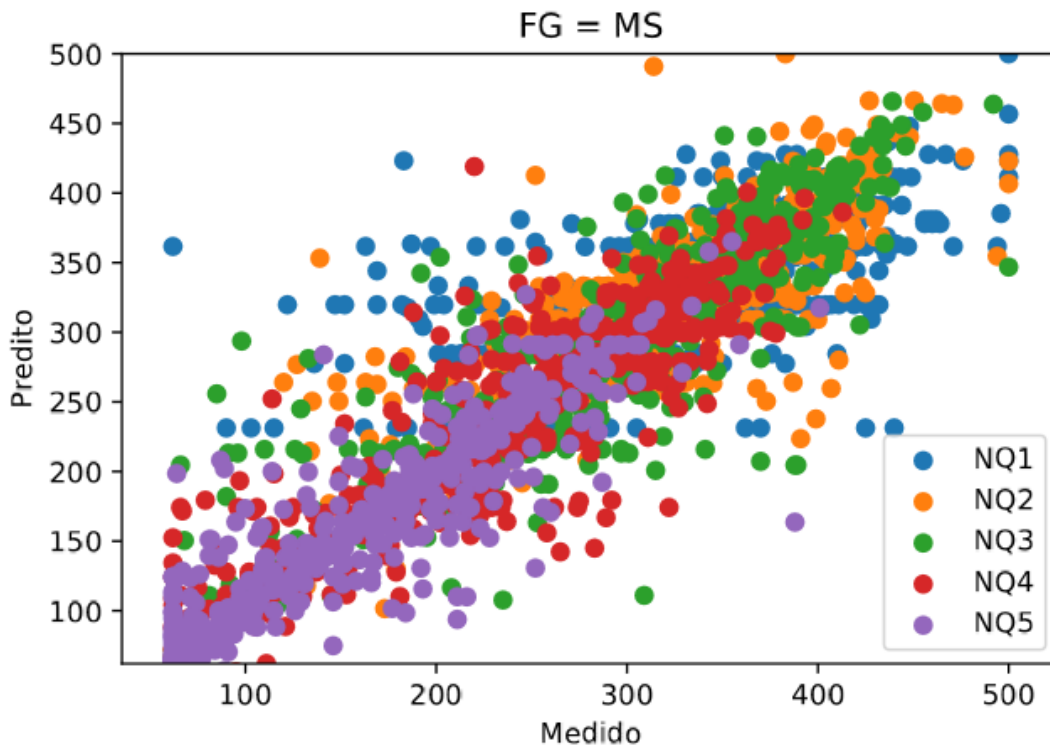


Figura 2: Validação modelo GPC Trigo – Cultivares MS. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2019.

Figura 2: Validação modelo GPC Trigo – Cultivares MS. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2019.

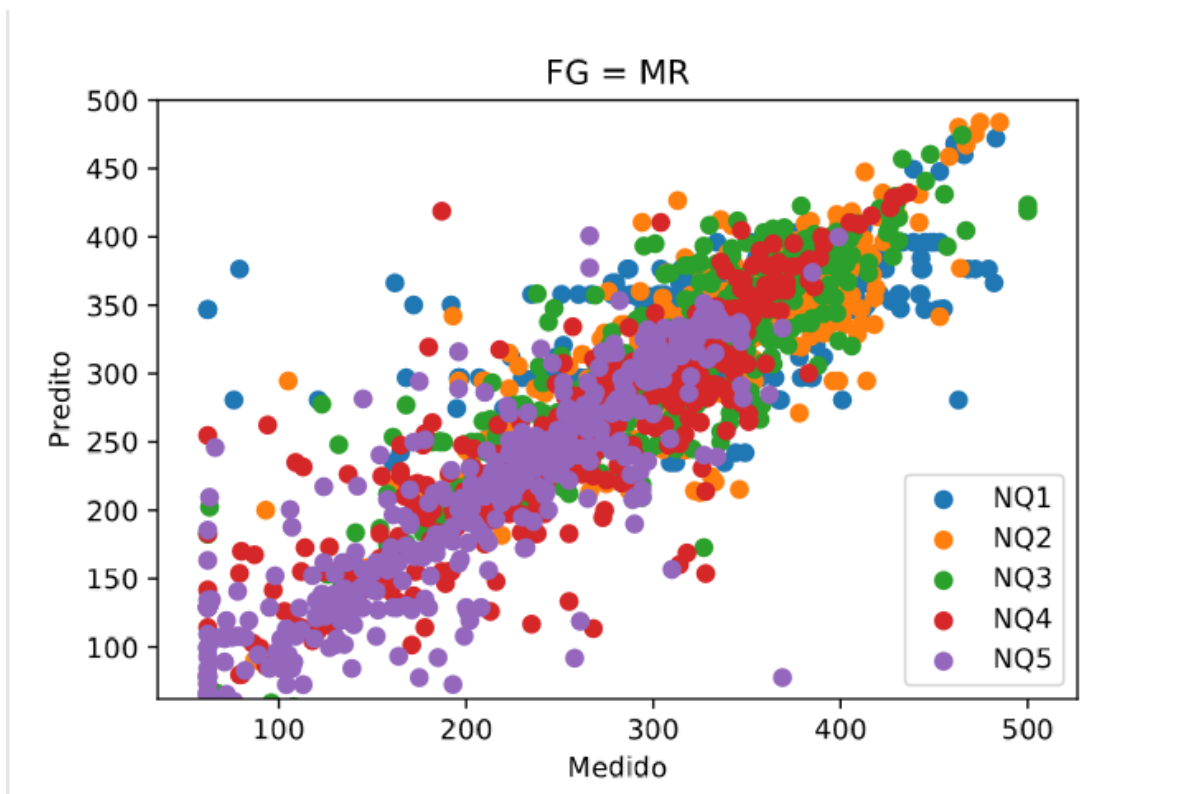


Figura 3: Validação modelo GPC Trigo – Cultivares MR/R. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2019.

Figura 3: Validação modelo GPC Trigo – Cultivares MR/R. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2019.

Os números de queda (NQs), que são apresentados nas figuras 1, 2 3, correspondem aos valores dessa variável, medida experimentalmente e prevista pelo modelo, na maturação fisiológica (NQ1), 10 dias (NQ2), 20 dias (NQ3), 30 dias (NQ4) e 40 dias (NQ5) após esse estágio fenológico da cultura. Denota-se, claramente, a sensibilidade do modelo em captar a elevação do risco de germinação pré-colheita em trigo em

função do número de dias após a maturação fisiológica, pela maior frequência de valores menores para NQ4 e NQ5. Esse fato guarda estreita concordância com o que se observa em lavouras comerciais de trigo, que, quando há atraso da colheita, especialmente no sul do Brasil, acentuam-se os problemas de germinação dos grãos na espiga, afetando negativamente a qualidade tecnológica para uso industrial e o valor de comercialização do produto colhido. Dessa forma, esses resultados, na prática, permitem ao produtor rural tomar decisão sobre o melhor momento de colheita do trigo, possibilitando resguardar a qualidade tecnológica dos grãos e, em última instância, obter maior rentabilidade com a cultura.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo desenvolvido possibilita a previsão do número de queda (NQ) com cinco dias de antecedência e pode ser integrado a um sistema de alerta de risco de germinação pré-colheita em trigo no Brasil, com operação na web ou por meio de aplicativo móvel.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Nosso reconhecimento ao apoio dado pelo CNPq, concessão de bolsa DT, e, à Embrapa, pelo financiamento das atividades por intermédio do projeto SEG 02.11.07.008.00.00.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANDREOLI, Claudinei; BASSOI, Manoel Carlos; BRUNETTA, Dionisio. Genetic control of seed dormancy and preharvest sprouting in wheat. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 6, p. 564-566, 2006. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162006000600009&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 14 jun. 2019.

CUNHA, Gilberto Rocca da; PASINATO, Aldemir; GUARIENTI, Eliana Maria; et al. **Influência genética e ambiental na dormência de grãos em trigo**. Trabalho apresentado na 10ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Londrina, PR, 27 a 28 de julho de 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146336/1/ID43741-2016RCBPTT10CUNHA13.PDF>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

CUNHA, Gilberto Rocca da; PIRES, João Leonardo Fernandes (eds.). **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2004. 320 p.

FRANCO, Francisco de Assis; PINTO, Ronald José Barth; SCAPIN, Carlos Alberto; et al. Tolerância à germinação na espiga em cultivares de trigo colhido na maturação fisiológica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p.2396-2401, 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n9/a357cr1936.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

GUARIENTI, Eliana Maria; PIRES, João Leonardo Fernandes; CASTRO, Ricardo Lima de; et al. **Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo**: desenvolvimento analítico e aplicação. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2017.46p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1091911/1/ID443282017BPDO87.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

CALIBRAÇÃO DE EQUAÇÕES EMPÍRICAS PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM PARAGOMINAS-PA

Whesley Thiago Dos Santos Lobato¹; Ewelyn Regina Rocha Silva¹; Julio Cesar Vieira Frare¹; Denis de Pinho Sousa¹; Deborah Luciany Pires Costa¹

Autor para correspondência: whesleylobato.agro@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

A agricultura é umas das atividades que mais demandam água, por isso, há a necessidade de ter um uso racional. Uma das opções para que isso ocorra é o planejamento agrícola da área em questão, sabendo sua necessidade hídrica e para isso atualmente diversas equações são aplicadas para a determinação da evapotranspiração de referência, no entanto, nem todas apresentam se adequam aos climas locais, por isso, o objetivo deste trabalho é testar diferentes equações e compará-las com o modelo padrão de Penman-Monteith, afim se saber se estas são aplicáveis ao município de Paragominas-PA. Foram utilizados dados climáticos da estação automática do INMET do município, entre 2008 e 2018. Os dados foram organizados no software Microsoft Excel 2010, onde também foi determinada a evapotranspiração de referência pelos diferentes modelos e fez a calibração dos parâmetros, utilizando a ferramenta Solver no mesmo software. Foi possível observar que os modelos de Benevides-Lopes, Makkink, Turc e Jensen-Haise se mostraram pouco eficientes para serem aplicados no município, devido seus baixos valores de R^2 , baixa concordância dos dados e elevado erro, além da calibração ter surtido poucos efeitos no mesmo. O modelo mais recomendado para o município é o de Priestley e Taylor, com o ajuste de seus parâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia; Ajuste; Produção Agrícola

CALIBRATION OF EMPIRICAL EQUATIONS FOR DETERMINATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN PARAGOMINAS-PA

ABSTRACT

Agriculture is one of the activities that most demand water, so there is a need to have a rational use. One of the options for this to occur is the agricultural planning of the area in question, knowing its water need and for this reason currently several equations are applied for the determination of the reference evapotranspiration, however, not all present are adequate to the local climates, so , the objective of this work is to test different equations and compare them with the standard model of Penman-Monteith, in order to know if these are applicable to the municipality of Paragominas-PA. Climatic data were used from the INMET automatic station of the municipality between 2008 and 2018. Data were organized in Microsoft Excel 2010 software, where the reference evapotranspiration was also determined by the different models and calibration of the parameters was performed using the Solver tool same software. It was possible to observe that the Benevides-Lopes, Makkink, Turc and Jensen-Haise models proved inefficient to be applied in the municipality, due to their low R^2 values, low data concordance and high error, besides the fact that the calibration has had few effects ourselves. The most recommended model for the municipality is that of Priestley and Taylor, with the adjustment of their parameters.

KEY-WORDS: Agrometeorology; Adjustment; Agricultural production

INTRODUÇÃO

Determinar a quantidade de água que uma planta necessita, em suas diferentes fases de desenvolvimento, desde o crescimento até a fase produtiva, é imprescindível para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, principalmente quando se deseja conciliar boa produtividade com o uso eficiente e racional da água (COSTA et al., 2017).

A necessidade da planta por água é baseada no cálculo da evapotranspiração, que corresponde à perda de água pela planta por transpiração e pela evaporação do solo (ANDRADE JUNIOR et al., 2017).

Atualmente, o modelo padrão para a estimativa de evapotranspiração de referência é o de Penman-Monteith (PM-FAO 56), que requer, para sua aplicação, dados de radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar (ALLEN et al., 1998; PALARETTI et al., 2014). No entanto, a necessidade de uma grande quantidade de dados meteorológicos tem limitado sua aplicação devido ao número reduzido de estações meteorológicas completas (CUNHA et al., 2013). Por isso, outros modelos de determinação da evapotranspiração de referência são utilizados, de acordo com os dados disponíveis e com a adequação às condições climáticas do local (CARVALHO et al., 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi determinar a evapotranspiração de referência para o município de Paragominas utilizando diferentes equações empíricas a fim de observar suas eficiências e calibrar seus parâmetros para a minimização dos erros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados climáticos, de 2008 a 2018, da estação automática de Paragominas, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados foram organizados no software Microsoft Excel 2010, excluindo falhas de marcações meteorológicas para que dessa forma fosse determinada a evapotranspiração de referência pelos seguintes métodos:

Tabela 1: Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência avaliados e suas respectivas equações.

Métodos	Referência Original e/ou citada	Equações de estimativa da ETo	Variáveis
FAO-56 Penman-Monteith (PM-FAO 56)	Allen et al. (1998)	$ET_0 = \frac{0,408 \times \Delta \times (R_n - G) + y \times \frac{900}{T_m + 273} \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta \times (1 + 0,34 \times U_2)}$ Eq. (46)	Tm; Rg; UR;
Priestley e Taylor (PT)	Priestley & Taylor (1972)	$ET_0 = A \times \left(\frac{\Delta}{\Delta + y} \right) \times \left(\frac{R_n - G}{\lambda} \right)$ Eq. (47)	Tm; Rg.
Turc (Tc)	Turc (1955)	$ET_0 = A \times \frac{T_x}{T_x + B} \times (C + R_g \times 23,88)$ Eq. (48)	Tx; Rg
Jensen-Haise (JH)	Jensen & Haise (1963)		Tm; Rg

		$ET_0 = \frac{Rg}{2,5} \times (A \times T_m + B)$	Eq. (49)
Makkink (Mk)	Makkink (1957)	$ET_0 = A \times \left(\frac{\Delta}{\Delta + y} \right) \times \left(\frac{Rg}{2,45} \right) - B$	Eq. (50) Rg
Benevides-Lopes (BL)	Benevides & Lopes (1970)	$ET_0 = A \times 10^{\frac{7,5 \times T_m}{237,5 + T_m}} \times (1 - 0,1 \times UR) + B \times T_m - C$	Eq. (51) Tm; UR.

ET₀: evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Tx e Tm representam respectivamente a temperatura máxima e média, todas em °C; Rg é a radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); U₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (ms⁻¹); UR é a umidade relativa (%); γ é a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água (kPa °C⁻¹), sendo $\gamma = (4098 \times es) \div (T_m + 237,3)^2$; g a constante psicrométrica (0,0662 kPa °C⁻¹), sendo $g = (0,665 \times 10^{-3} \times Patm)$; ea é a pressão de vapor do ar; es que é a pressão de saturação à temperatura da superfície (kPa °C⁻¹); Rn é o saldo líquido de a radiação solar (MJ m⁻² d⁻¹); e G a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹), considerada zero para estimar de ET₀ diária.

O ajuste dos parâmetros (calibração) foi iniciada pela obtenção da soma de quadrado do erro ($\Sigma(\text{Erro}^2)$), considerando a ET₀ determinada pelo modelo de Peanman-Monteith como ET₀ observada e a ET₀ determinada pelos modelos matemáticos métodos alternativos como ET₀ estimada. A próxima etapa foi a obtenção de novos valores de parâmetros, por meio, da minimização da soma de quadrado, utilizando a ferramenta Solver, dentro do software Microsoft Excel 2010.

A qualidade dos ajustes e o desempenho dos métodos alternativos de ET₀ foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R²), pela raiz do erro quadrático médio normalizado (Equação 1) (LOAGUE; GREEN, 1991) e pelo índice de concordância de Willmott (1981) (Equação 2).

$$RMSEn = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \times \frac{100}{\bar{y}}} \quad \text{Eq. (52)}$$

(1)

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i + y_i - \bar{y}_i)^2} \quad \text{Eq. (53)}$$

(2)

em que RMSEn é a raiz do erro quadrático médio normalizado (%), d é o índice de concordância de Willmott, y, \hat{y} , \bar{y} representam respectivamente a ET₀ observada, estimada, e a média da observada (mm dia⁻¹), e n é o número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as estimativas da evapotranspiração de referência (ET₀) pelas diferentes equações utilizadas, é possível perceber que as equações de Makkink, Turc, Jensen-Haise e Benevides-Lopes apresentaram

resultados pouco satisfatórios, tendo em vista em seus baixos valores de coeficiente de determinação (R^2), $R^2 < 0,6$. Além disso, a concordância de seus dados também foi baixa, $d < 0,8$ (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação das estimativas de ET_0 (mm dia^{-1}) obtidas com diferentes métodos em relação ao método padrão, PM-FAO 56, antes (original) e após o ajuste (ajustado) dos parâmetros, para todos os dias do ano.

Métodos	Parâmetros Originais			Parâmetros Ajustados		
	R^2	d	RMSEn	R^2	d	RMSEn
Eto(PT)	0,79	0,87	13,21	0,79	0,93	8,63
Eto(Mk)	0,18	0,32	63,50	0,18	0,52	16,92
Eto(Tc)	0,27	0,25	92,77	0,50	0,65	14,56
Eto(JH)	0,31	0,16	160,46	0,33	0,56	15,86
Eto(BL)	0,44	0,76	18,49	0,45	0,78	13,89

Antes do ajuste dos parâmetros, é possível notar que no modelo de Makkink, Turc e Jensen-Haise, o erro (RMSEn) supera os 60%, chegando aos 160% em Jensen-Haise (Tabela 2). Isso mostra o quanto o quanto esses modelos superestimam a determinação da evapotranspiração de referência, e que se forem aplicados em Paragominas irão gerar uso ineficiente da água, além de gerar uma grande perda econômica.

O modelo de Priestley e Taylor, se mostrou o mais eficiente entre os modelos testados, antes e depois do ajuste, com uma alta concordância em seus dados, $d=0,87$, um erro inferior a 15% e um $R^2 > 0,7$. Após o ajuste, a concordância dos dados apresentou melhora, $d=0,93$, e também gerou uma queda na quantidade de erros, agora com $RMSEn=8,63\%$.

Mesmo com ajuste dos parâmetros nas equações de Makkink, Turc, Jensen-Haise e Benevides-Lopes, o erro ainda se mostrou superior a 13%. Isso demonstra que mesmo sabendo que a calibração é importante para evitar a super ou subestimações da evapotranspiração, se o modelo não se adequa ao clima local ele deve ser evitado.

O ajuste dos parâmetros das equações, para o município de Paragominas, gerou mudanças em todas as constantes, como é possível analisar na Tabela 3.

Tabela 3: Valores dos coeficientes originais e ajustados para o município de Paragominas-PA das equações comparados no estudo.

Métodos	Parâmetros					
	Originais			Ajustados		
Penam Monteith (FAO-56 PM)	A	B	C	A	B	C
Priestley e Taylor (PT)	1,26			1,1468		
Jensen-Haise (JH)	0,025	0,08		0,0108	0	

Makkink (Mk)	0,61	0,12		0,6426	3,1541	
Benevides-Lopes (BL)	1,21	0,21	2,3	0,8267	0,1245	0
Turc (Tc)	0,013	15	50	1,2548	8193,6412	0

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A equação de Priestley e Taylor é a mais recomendada no município de Paragominas para a determinação da evapotranspiração de referência quando não se puder utilizar o modelo padrão de Penman-Monteith (FAO 56).

A calibração da equação de Priestley e Taylor é necessária para a diminuição do erro (RMSEn).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).

BENEVIDES, J. G.; LOPEZ, D. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15° N - 15° S), **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, L. W.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de Referência: Uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

COSTA, J. A.; RODRIGUES, G. P.; SILVA, N. D.; LOPES-SOBRINHO, O. P.; COSTA, L. D. A. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Alagoas. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2017.

CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul-MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation Drainage Division**, American Society of Civil Engineers, Reston, v. 89, n. 1, p. 15-41, 1963.

LOAGUE, K.; GREEN, R.E. Statistical and Graphical Methods for Evaluating Solute Transport Models: Overview and Application. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 7, p. 51-73, 1991.

MAKKINK, G. F. Ekzamenno de la formulo de Penman. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.5, p. 290-305, 1957.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 100, p. 81-92, 1972.

TURC, L. Le bilan d'eau des sols: Relations entre les precipitations, l'évaporation et l'écoulement. **Annales Agronomiques**, Paris, v. 6, p. 5-131, 1955.

WILLMOTT, C.J. **On the validation of models**. *Physical Geography*, v.2, p. 184-194, 1981.

CALIBRAÇÃO DO MODELO CROPGRO-SOYBEAN NA SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

Marcos Antonio Vanderlei Silva¹; Thatyane Kary Grigório de Souza¹; Charles Cardoso Santana²; Silas Alves Souza³; Evandro Chaves de Oliveira⁴
Autor para correspondência: maavsilva@uneb.br

¹Universidade do Estado da Bahia; ²Universidade de Brasília; ³Universidade Federal de Viçosa; ⁴Instituto Federal do Espírito Santo

RESUMO

Os modelos de simulação de culturas são ferramentas de pesquisa valiosas na tomada de decisões em ambientes agrícolas, e sendo assim, eles demandam por avaliações em diversas condições de solo e clima, com fins de ampliar sua aplicabilidade nos sistemas de produção. Assim objetivo deste estudo foi calibrar e avaliar o desempenho de modelo de soja, CROPGRO-Soybean, utilizando a cultivar de soja M7739 IPRO, sem restrição hídrica, para as condições pedoclimáticas de uma localidade no Oeste da Bahia. A primeira etapa da pesquisa foi executada em campo, na Fazenda Busato I São Desidério, no Oeste do Estado da Bahia, durante a safra 2017/2018, com a cultura da soja variedade M7739 IPRO. A segunda etapa foi realizada através do software DSSAT, usando o modelo de cultura para leguminosas CROPGRO-Soybean. Os dados de clima, solo, e de manejo da cultura obtidos no campo experimental foram utilizados como entradas para o modelo. O conjunto de informações fenológicas necessárias para a calibração dos coeficientes genéticos e teste do modelo foram os valores índice de área foliar (IAF), de produção de matéria seca (kg ha^{-1}) total dos componentes da planta, produção do grão (kg ha^{-1}) e rendimento da cultura (kg ha^{-1}), data de semeadura, emergência, floração e maturação fisiológica. A metodologia GLUE estimou satisfatoriamente os coeficientes genéticos para a cultivar e local em estudo. A simulação foi considerada consistente para as datas de floração, maturação fisiológica e peso de 1000 grãos, com o valor de RMSE igual 0. O modelo apresentou uma boa estimativa da produtividade, sendo a simulação considerada ótima, o valor de RMSE foi 0,087%. Para o IAF e produção de matéria seca a RMSE obtido foi superior a 70%. O modelo apresentou capacidade baixa para estimativa do índice de área foliar (IAF) e produção de matéria seca. O confronto dos dados observados com os estimados resultou em um elevado índice de concordância de Willmott ($d=0,999$) e coeficiente de correlação ($r=0,999$) e baixo RMSE (1,70%). Assim, o modelo calibrado apresentou-se eficaz nas previsões de produtividade e fenologia da soja. Em termos de emergência, floração, primeira vagem, início e final da maturação, quando testado o seu desempenho (Id), foi classificado como ótimo. Tais informações são fundamentais, a partir de suas validações, para serem efetivamente usados, no manejo cultural em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem; Glycine max; DSSAT.

CALIBRAÇÃO DO MODELO CROPGRO-SOYBEAN NA SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

ABSTRACT

Simulation models are valuable research tools in decision making in agricultural environments, thus, which require evaluation in diverse soil and climate conditions, in order to increase their applicability in production systems. This study aimed to calibrate and evaluate the performance of CROPGRO-Soybean model of M7739 IPRO soybean cultivar under the soil and climate conditions in the Western Bahia, Brazil. First part was conducted in an experimental field, in Busato Farm I, in São Desidério, during the growing season 2017/2018 of M7739 IPRO soybean cultivar. The simulations were performed by using DSSAT software, by using the CROPGRO-Soybean model for legumes. The soil, weather, and crop management data

obtained in the experimental field were used to create inputs files on the model. The set of phenological data needed to calibrate and evaluate the model were LAI, total dry matter (kg ha^{-1}), yield (kg ha^{-1}), planting, emergence, anthesis and physiological maturity dates. The genetic coefficients were estimated satisfactory by GLUE methodology. The simulation was consistent for the parameters such as anthesis, physiological maturity dates and weight of 1000 grains, the RMSE was equal to 0, while for yield the RMSE was 0.087%, which means the simulations showed a great match with the observations. For LAI and dry matter, the RMSE was above 70%, it indicated that the model was not able to adequately simulate these two parameters. The comparison of the observed and simulated values resulted in a high index of agreement d ($d = 0.999$) and correlation coefficient ($r = 0.999$) and low RMSE (1.70%). Therefore, the calibration of crop simulation model was effective in predicting soybean productivity and phenology. In terms of emergence, flowering, first pod, beginning and final maturity, when tested its performance (Id), was rated as great. The results from this study showed, when the model is validated, may be effectively used in the field crop management.

KEY-WORDS: modeling; *Glycine max*; DSSAT

INTRODUÇÃO

It is well known that yield variations from one crop to the another in regions that are in agricultural nature, for example, in the Western Bahia, in Brazil, show that the maintenance of highly productive harvests becomes a major challenge for large scale production. Considering this, a variability and distribution of rainfall regime (which may cause water deficits whether to coincide with certain phases of the cycle), associate with inappropriate management of crop, it may cause significative reductions in yields. Therefore, tools, that help in decision-making, have been sought as an alternative to solve these challenges. The new tools have to evaluate the impact, the stability and sustainability of the production systems.

The use of models that simulate crop growth and development is an important alternative for agronomic research in agricultural decision-making and for commercially important crop studies, which the goal is to increase their general applicability, thus, these models need to be evaluated in various conditions. Crop models have been used to study nitrogen losses through drainage water, the climate change effects, aiming to assess the risk and impact, to evaluate adaptation strategies and/or test management options for a variety of agricultural commodities e quantification of the genotype interactions with the environment and with the management, particularly in situations with climatic variability (WHITE et al., 2011; HEINEMANN et al., 2008; 2009; NEGMA; YOUSSEF e JAYNES, 2017; BOOTE et al., 2018).

DSSAT is an important system that incorporates a variety of models for different crops. The DSSAT crop models simulate growth, development, and yield by considering weather, genetics, soil water, soil carbon and nitrogen, and management for single or multiple seasons and in crop rotations at any location where minimum inputs are provided (HUNT; BOOTE, 1998; JONES et al., 2003). This system has been used by many researchers under a variety climate and soil conditions, used by many researchers for the most varied climatic and soil conditions for obtaining information that helps in agricultural planning and management (HOOGENBOOM et al., 2004). CROPGRO is part of a suite of crop growth models that comprise the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT), is a model developed for legumes, which simulates the growth, development, and yield crops for specifics cultivars based on climate effects, soil characteristics and crop management practices (JAME e CUTFORTH, 1996; TSUJI; HOOGENBOOM; THORNTON, 1998; JONES et al., 2003; MIAO et al., 2006; HOOGENBOOM, 2012). The CROPGRO-Soybean whose advantage, for using this, is the possibility to manipulate the environmental factors that influence in the development and soybean yield. After calibration and testing, the CROPGRO model enables simulations that consider the influence of climatic conditions on soybean growth, development and yield, through the complex interaction with soil and management practices. In other words, after calibration and testing, the CROPGRO model enables simulations that consider the influence of climatic conditions on soybean growth, development and yield, through the complex interaction with soil and management practices, including the possibility to integrate information of irrigated crop and the influence climate

change (OLIVEIRA, 2011; CONFALONE et al., 2016; SALMERÓN e PURCEL, 2016; FENSTERSEIFER, 2016).

OBJETIVOS DO TRABALHO

The goal of this study was to calibrate and evaluate the CROPGRO-Soybean performance for soybean cultivar M7739 IPRO under the soil and climate conditions in the Western Bahia

MATERIAIS E MÉTODOS

Experimental data collection

First part of this study was conducted in experimental field with center pivot, located in Busato Farm I (latitude 12° 51S, longitude 45° 31W and altitude de 425 m)), in São Desidério, in the Western Bahia, Brazil, during growing season 2017/2018. The cultivar set was M7739 IPRO, which has premature cycle, excellent root development, resistant to *Heterodera glycines*, also known as soybean cyst nematodes (races 1, 3 and 10), highly productive potential, early sowing and semi-determined growth habit. The sowing was on 10/08/2017 and the harvest on 02/08/2018. The soybean growing cycle was 122 days.

The daily weather data were obtained from automatic meteorology station located in the farm. The weather data used as an input were daily maximum and minimum temperatures (°C), precipitation (mm), solar radiation ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$). Irrigation management was complementary to rain, it was provided according to soil capacity water and the needs of the crop, applied 5 mm per day. The total amount of water, through irrigation system, was 161,90 mm, with 95,19 % of efficiency, and the irrigation method was sprinkler irrigation. The soil profile and soil surface data or generic soil information for this experiment were obtained from the soil analyses conducted by the farm; soil granulometry for layers (cm) 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-30; 30-40; 40-60; and fertilizer was applied in the soil, 100kg/ha of simple superphosphate and 600kg of NPK (0-20-20).

During the growing season was collected samples of plants in representative areas from experimental field, it was done each 15 days, maximum. The plant components collected were leaf, stem, pods and grains, which were separated to obtain the dry matter from the top of the plant. As well as weight of 1000 grains, yield, and total dry matter of the plant were obtained. Cropping management, planting, emergence, anthesis, and physiological maturity plants dates were monitored. After to thinning of the plants, the leaves of each plant were photographed, and the digital images were processed with software SisCob to obtain the leaf area aimed to estimative leaf area index (LAI).

Genetic coefficient calibration

The simulations were performed with the CROPGRO-Soybean model, which is included in the DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) 4.7 version. The soil, weather, and crop management data obtained in the experimental field were used to create inputs files on the model. Agricultural parameters such as soil and crop management data, in addition, weather parameters were organized in excel files and used as the input to CROPGRO-Soybean model. In the DSSAT were create the following files: STATION.WTD for weather data; SOIL.SOL for soil data, and XBUILD for crop management.

The set of phenological data needed to calibrate and evaluate the model were LAI, total dry matter (kg ha^{-1}), yield (kg ha^{-1}), planting, emergence, anthesis and physiological maturity dates. In order to calibrate the genetic coefficients, first of all, CROPGRO-Soybean was run for current local conditions or treatments, by selecting the crop, and a cultivar from a list of cultivars included in the database for the crop in DSSAT, then a comparison was made between the simulated and observed number, and was selected a cultivar with

productive responses closer to the observed values, it was possible to create the new cultivar, the M7739 IPRO, and to include it in the DSSAT 4.7 database.

For the calibration and testing of genetic coefficient were used the GLUE methodology (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), according recommendation of Jones et al. (2003). The GLUE program is used to estimate genotype-specific coefficients in DSSAT crop models. The first step was to choose a cultivar to calibrate then choose treatments to be used in estimating the cultivar coefficients then run the program by sensitivity analysis. The values were assigned to specific genetic coefficients for growth, beginning with the parameters for phenology and followed by the growth parameters of the crop (HOOGENBOOM et al., 1992). To determine the direction for adjusting the genetic coefficient values, a comparison was made between the simulated and observed number, and was verified if the values were close. It was possible due the model has high sensitivity regarding the variation of the genetic coefficients

Testing of model performance

The comparison between simulated and observed data for both calibration and evaluation was based on the following criteria: slope of the regression of simulated against observed, percent deviation (equation 1), and root mean square error (equation 2).

$$\Delta_{var} = \frac{(p_i - o_i)}{o_i}$$

(Eq.1)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{n}} * \frac{100}{m}$$

(Eq. 2)

Where: n is the number of observations; pi is the predicted value the ith measurement; oi is the observed value for the ith measurement; m is the overall mean of observed values.

The RMSE quantifies the dispersion between observed and estimated values around the 1: 1 line. When RMSE is equal to zero, it indicates that has a perfect fit between the simulated and observed data. The simulation is considered excellent when RMSE is less than 10%, good between 10 and 20%, acceptable between 20 and 30%, and poor when higher than 30% (JAMIESON et al., 1991). For RMSE, a smaller value means a better fit.

The index of agreement (d) Willmott et al. (1985) was computed using the following equation:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p} + o_i - \bar{o})^2}$$

(Eq. 3)

Where: n: number of observations; pi is the predicted value the ith measurement; oi is the observed value for the ith measurement; = m is the mean of predicted values; = is the overall mean of observed values.

The correlation coefficient (r) (equation 4), varies from -1 to 1, it allows to quantify the degree of association between the two variables involved in the analysis, the greater is the absolute value the greater is the degree of association, it was computed using the following equation:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - E (o_i - o)}{\sum_{i=1}^n E_i - E \sum_{i=1}^n (o_i - o)}$$

(Eq. 4)

Where: e_i is the predicted value; o_i is the observed value; e predicted value; o is the mean of observed value.

It was determined the performance index (id) (equation 5) to support the analyses (CAMARGO e SENTELHAS, 1997), which is the result of the product between the correlation coefficient (r) and the index of agreement (d).

$$Id = r * d$$

(5)

Table 1 shows the criteria for interpretation of the performance index and its performance classes according to Camargo and Sentelhas (1997).

Table 1. Criteria for interpretation of the performance index and its respective performance classes according to Camargo e Sentelhas (1997).

Criteria for interpretation of the performance index (Id)	Performance classes
> 0,85	Great
0,76 - 0,85	Very good
0,66 - 0,75	Good
0,61 - 0,65	Average
0,51 - 0,60	Poor
0,41 - 0,50	Very poor
< 0,40	Extremally poor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibration and model testing

In order to expand the simulation of growth, development and soybean yield to new location where soils and climate differed, it is required the adjustment of genetic coefficients for each cultivar, and after adjusting the genetic coefficients, the model can be used for simulation in other soil and climate conditions.

Table 2 shows the soybean genetic coefficients adjusted for M7739 IPRO cultivar and estimated by GLUE in the calibration of the CROPGRO-Soybean model to estimate the growth and plants development in the soil conditions and climate in the Western Bahia, Brazil. The genetic coefficients CSDL, PPSEN, EM-FL, FL-SH, FL-SD, SD-PM e FL-LF define the crop cycle development characteristics of soybean, while LFMAX, SLAVAR e SIZLF are related to vegetative growth; and XFRT, WTPSD, SFDUR, SDPDV e PODUR are associate with reproductive growth.

The CROPGRO-Soybean model showed high sensitivity to variation in the genetic coefficients, it is what happens the existing variation when genetic coefficients are changed.

The model is sensitive to the characteristics of each cultivar, planting dates, plant spacing, planting lines and irrigation management options. This shows high variability of productive response between different cultivars, indicating specific study conditions such as local, cultivar and climatic conditions.

Table 2: Soybean genetic coefficients adjusted for M7739 IPRO cultivar, in the Western Bahia, Brazil.

Genetic coefficients	CSDL	PPSEN	EM-FL	FL-SH	FL-SD	SD-PM
	12.33	0.320	43.2	8.0	11.2	28.00
	FL-LF	LFMAX	SLAVAR	SIZLF	XFRT	WTPSD
	13.00	0.850	240.0	150.0	1.00	0.175
	SFDUR	SDPDV	PODUR			
	16.90	2.0	10.0			

Where: CSDL - Critical short day length below which reproductive development progresses with no daylength effect (for short day plants) (h); PPSEN - Slope of the relative response of development to photoperiod with time (positive for short day plants) (1/h); EM-FL - Time between plant emergence and flower appearance (R1) (photothermal days); FL-SH - Time between first flower and first pod (R3) (photothermal days); FL-SD Time between first flower and first seed (R5) (photothermal days); SD-PM - Time between first seed (R5) and physiological maturity (R7) (photothermal days); FL-LF - Time between first flower (R1) and end of leaf expansion (photothermal days); LFMAX - Maximum leaf photosynthesis rate at 3030°C, 350 vpm CO₂, and high light (mg CO₂/(m² s)); SLAVR - Specific leaf area of cultivar under standard growth conditions (cm²/g); SIZELF - Maximum size of full leaf (three leaflets) (cm²); XFRT - Maximum fraction of daily growth that is partitioned to seed / shell; WTPSD Maximum weight per seed (g); SFDUR - Seed filling duration for pod cohort at standard growth conditions (photothermal days); SDPDV - Average seed per pod under standard growing conditions ([seed]/pod); PODUR - Time required for cultivar to reach final pod load under optimal conditions (photothermal days).

Table 3 shows the observed and simulated values of yield, weight of 1000 grains, leaf area index (LAI) and soybean dry matter, and their respective percent deviation e RMSE of M7739 IPRO cultivar.

There has been an extensive discussion in the selection of the appropriate statistical criteria for evaluating simulation models, especially the use of root mean square error (RMSE) and mean absolute error (MAE) (CHAI e DRAXLER, 2014). However, there is no best one among these statistical criteria and normally multiple criteria are selected based on the need of an individual study (BAO, 2017). The closer are observed and simulated values, it is an important factor to attest to the confidence in the forecast results obtained by the model. The closer the observed and simulated values, the more representative of reality they are.

According to table 3, overall, the close agreement between the observed and simulated values for yield and weight of 1000 grains indicated that for these two parameters there was not, or was insignificant, discrepancy, showing that CROPGRO-Soybean model accurately simulated the values for these parameters. The yield percent deviation was underestimated in 0.09%. It is possible to notice that percentage difference between observed and simulated values was -53.54 to 124%. The percentage difference for leaf area index (LAI) and dry matter production were overestimated by 124% and underestimated by 53.54%, using the simulation model, in relation to those values found in the experiment, respectively. The results of the root mean square error were above 70%, it classified the simulation as “poor”. The LAI obtained in the experiment was determined by using image processing techniques, but this method is destructive, that requires to remove all the leaves. These images were classified using SisCob program, for obtaining the percentages of the area occupied by soybean leaves. From the percentage values obtained in the classification was determined the leaf area and then the leaf area index (LAI).

Table 3: Observed and simulated values of yield, weight of 1000 grains, leaf area index (LAI) and dry matter of soybean, and their respective % deviation e RMSE of M7739 IPRO cultivar in the Western Bahia, Brazil.

	Yield (kg/ha)	Weight of 1000 grains (g)	LAI	Dry matter (kg/ha)
Observed	4620	0,228	2,0	23,87
Simulated	4616	0,228	4,48	11,09
$\Delta\%$ deviation	- 0,09	0	124	-53,54
RMSE (%)	0,087	0	76,54	73,12

In the CROPGRO-Soybean there are not specific genetic coefficients to calibrate the dry matter parameter, the simulated dry matter value is a result of interaction, on the calibration process, of genetic coefficients included in the model to vegetative and reproductive growth, which characterize certain aspects of the crop. Therefore, the discrepant results between simulated and observed values are not interrelated with the methodology of plant collection.

Meanwhile, the method used in this study for obtaining the LAI has characteristics that may support the underestimation of the IAF observed value. For example, only green leaves were used, and those that were still fresh and of satisfactory moisture content. High air temperatures and travel time between one place to another may have, on the collection day, may have contributed for disposal some leaves during the thinning process. These conditions could have contributed to leaf area of each sample had its value reduced, consequently influencing the low observed LAI values.

Table 3 also shows the statistical criteria RMSE for testing the CROPGRO-Soybean model. The RMSE value was 0 for anthesis, physiological maturity dates and weight of 1000 grains, it means a great adjustment between observed and simulated values, thus the simulation was considered as “excellent”, while for yield the RMSE was 0.087%, which means the simulations showed a great match with the observations.

For LAI and dry matter, the RMSE was above 70%, it indicated that the model was not able to adequately simulate these two parameters, there was not a good fit between the simulated and observed value. Moreover, this indicates that more modeling studies need to be conducted in the Western region, with more growing season, more treatments and more than one cultivar to calibrate.

Testing the model for estimating duration of the phenological stages of soybean

Table 4 shows the number of days for crop to reach the maturity was 121 days, for M7739 IPRO. Model applications allow to simulate scenarios and to obtain results that refer to time, planning, execution and budget. For the planning of agricultural activities, it is very important to estimate the occurrence of phenological stages, thus it is possible to define the irrigation strategies, mainly regarding the water supply in phases where the crop should not suffer water deficits, and management and the study of the economic viability of crops.

Table 4 also shows the statistical criteria percent deviation for CROPGRO-Soybean model, number of days that occurred emergence, flowering, first pod, first seed, beginning and final physiological maturity of soybean M7739 IPRO cultivar. The percent deviation between observed and simulated values were considered low, for first pod and beginning of physiological maturity the values were overestimated by 1.31% and 2.35%, respectively, while for the emergence dates, first flower and first seed, there was no deviation. These results indicate that the model successfully simulated the phenological stages. Considerable agreement was evident between the observed and simulated values of the number of days from sowing to maturity of M7739 IPRO soybean cultivar (Figure 1), it showed a high coefficient of determination ($r^2=0,998$) between the simulated and observed values.

Table 4: Number of days (DAP) observed and simulated that occurred emergence, flowering, first pod, first seed, beginning and final physiological maturity, their respective %deviation of soybean M7739 IPRO cultivar, in the Western Bahia, Brazil.

Cultivar M7739 IPRO	Emergence (DAP)	Flowering (DAP)	First pod (DAP)	First seed (DAP)	Beginning of physiological maturity (DAP)	Final physiological maturity (DAP)
Observed	6	62	76	82	85	121
Simulated	6	62	75	80	83	121
%deviation	0	0	-1,31	0	-2,35	0

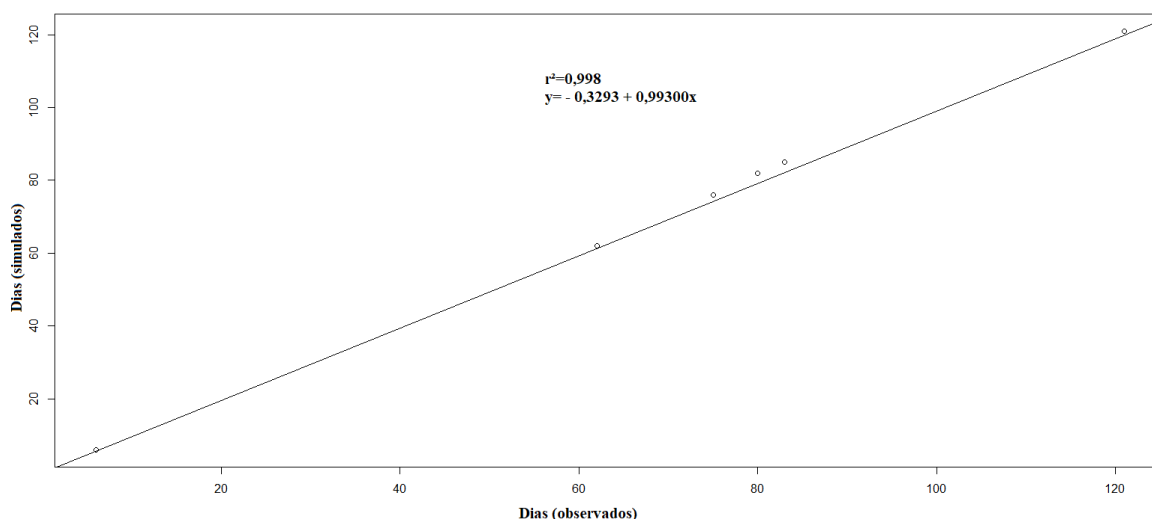


Figura 1: Relationship between observed and simulated number of days from sowing to physiological maturity of soybean M7739 IPRO cultivar, and in the Western Bahia, Brazil.

Table 5 shows that the RMSE value was below 10%, considering the simulation as excellent, and the index of agreement and correlation coefficient determined a great performance index (Id) in the prediction of the

soybean crop phenological phases, cultivar M7730 IPRO. In addition, index of agreement (d) showed high values (d=0.999), the correlation coefficient (r=0.999). Moreover, the mean square error (RMSE) was 1.70%.

Tabela 5: RMSE, index of agreement (d), correlation coefficient (r) and performance index (Id) for the prediction of the soybean crop phenological phases of M7739 IPRO cultivar, in the Western Bahia, Brazil.

	RSME	D	R	Id	
	1,70	0,999	0,999	0,998	

CONCLUSÃO / CONCLUSION

The results from this study showed that the genetic coefficients were estimated satisfactory by GLUE methodology, the calibration of crop simulation model was effective in predicting soybean productivity and phenology. In terms of emergence, flowering, first pod, beginning and final maturity, when tested its performance (Id), was rated as great. All this information is fundamental, when it is validated, to be effectively used in the field crop management. Meanwhile, the calibration showed low capacity for estimation of leaf area index (LAI) and dry matter production.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by all the GAMU members from Bahia State University, Campus IX, and Busato farm I, as well as Bahia State University for sponsoring the research through scholarship program for initial researchers.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BAO, Y. et al. A comparison of the performance of the CSM-CERES-Maize and EPIC models using maize variety trial data. **Agricultural Systems**, 150, p. 109–119. 2017.

BOOTE, K.J., J.W. JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. H.. Simulation of crop growth: CROPGRO Model. p.651-693. In R.M. Peart and R.B. Curry (ed.) **Agricultural systems modeling and simulation**. Marcel Dekker, New York. 1998.

BOOTE, K. J. et al. Modeling sensitivity of grain yield to elevated temperature in the DSSAT crop models for peanut, soybean, dry bean, chickpea, sorghum, and millet. **European Journal of Agronomy**, v. 100, p.99-109, October 2018.

CAMARGO, A.P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n1, p.89-97. 1997.

CHAI, T; DRAXLER, R.R. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. **Geoscientific Model Development**. Vol7, p.1247-1250. 2014. Disponível em: < <https://www.geosci-model-dev.net/7/1247/2014/gmd-7-1247-2014.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

CONFALONE, A. et al. Parametrización del modelo CROPGRO-soybean y su uso como herramienta para evaluar el impacto del cambio climático sobre el cultivo de soja. **Rev. FCA UNCUYO**. n.48, v. 1, p.49-64, 2016

- HEINEMANN, A. B. et al. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1026-1036. 2009.
- HEINEMANN, A. B. et al. Characterization of drought stress environments for upland rice and maize in central Brazil. **Euphytica**, v.162, p.395-410. 2008.
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO, and BEANGRO: a review. **Transactions of the ASAE**, v. 35, n. 6, p. 2043-2055, 1992.
- HOOGENBOOM, G. et al. **Decision support system for agrotechnology transfer version 4.0**. Honolulu: University of Hawaii. 2004.
- HOOGENBOOM, G. et al. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.5**. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 2012.
- HUNT, L.A.; BOOTE, K.J. Data formodel operation, calibration, and evaluation. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), **Understanding Options for Agricultural Production**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p.9-39. 1998.
- JAME, Y.W.; CUTFORTH, H.W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science**. 76, p.9-19. 1996.
- JAMIESON, P.D.; POTER, J.R; WILSON.D.R. A test of computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zeland. **Field Crops Research**, v.27, p.337-350. 1991.
- JONES, J.W., et al. The DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**. 18, p.235–265. 2003.
- MIAO, Y. et al. 2006. Evaluating management zone optimal nitrogen rates with a crop growth model. **Agronomy Journal**, v98, p.545-553. 2006.
- NEGMA, L. M.; YOUSSEF, M. A.; JAYNES, D. B. Evaluation of DRAINMOD-DSSAT simulated effects of controlled drainage on crop yield, water balance, and water quality for a corn-soybean cropping system in central Iowa . **Agricultural Water Management** . v.187, p.57–68, 2017.
- OLIVEIRA, E. C. de. **Balanco de Carbono e energia para uma lavoura de soja: Métodos de covariância dos vórtices turbulentos e a estimativa do modelo CROPGRO Soybean**. Viçosa, mg: ufv, 2011. 173f. Tese (Doutorado o em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SALMERÓN, M.; PURCELL, L. C. Simplifying the prediction of phenology with the DSSAT-CROPGRO-soybean model based on relative maturity group and determinacy. **Agricultural Systems**, v.148,p. 178-187, October, 2016.
- TSUJI, G.Y; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P.K. **Understanding Options for Agricultural Production**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1998.

WHITE, J. W. et al. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. **Field Crops Research**, 124, p.357-368. 2011.

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985

CALIBRAÇÃO DE EQUAÇÕES EMPÍRICAS PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA-PA

Whesley Thiago Dos Santos Lobato¹; Julio Cesar Vieira Frare¹; Denis de Pinho Sousa¹; Carmen Grasiela Dias Martins¹; João Vitor de Nóvoa Pinto¹

Autor para correspondência: whesleylobato.agro@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

O planejamento agrícola é fundamental para o uso eficiente da água. O correto dimensionamento da irrigação necessita da determinação da evapotranspiração do local onde irá ocorrer o manejo, por isso, muitas equações são utilizadas para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_0). Por isso, o objetivo do trabalho foi determinar a ET_0 no município de Conceição do Araguaia-PA por diferentes equações afim de analisar qual melhor se adequa à condição climática local. Foram utilizados dados climáticos da estação convencional do INMET no município, entre 2008 e 2018. Os dados foram organizados no software Microsoft Excel 2010, onde também foi determinada a evapotranspiração de referência pelos diferentes modelos e fez a calibração dos parâmetros, utilizando a ferramenta Solver no mesmo software. O modelo de Turc apresentou o menor taxa de erro ($RMSE_n < 10\%$), mesmo sem a calibração, enquanto o modelo de Jensen-Haise, que apresentou maior coeficiente de determinação (R^2), obteve uma taxa de erro superior a 40%, além de uma menor concordância em seus dados. O ajuste diminuiu significativamente as taxas de erro dos modelos, além de melhorar a concordância de seus dados. O modelo de Jensen-Haise pode ser utilizado no município após a calibração de seus parâmetros, enquanto Turc pode ser aplicado sem calibração.

PALAVRAS-CHAVE: Ajustes; Penman-Monteith; Produção Agrícola

CALIBRATION OF EMPIRICAL EQUATIONS FOR DETERMINATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA-PA

ABSTRACT

Agricultural planning is critical to the efficient use of water. The correct sizing of the irrigation requires the determination of the evapotranspiration of the place where the management will occur, so many equations are used to determine the reference evapotranspiration (ET_0). Therefore, the objective of the study was to determine ET_0 in the municipality of Conceição do Araguaia-PA by different equations in order to analyze which is better suited to the local climatic condition. Climatic data were used from the INMET conventional station in the municipality between 2008 and 2018. Data were organized in Microsoft Excel 2010 software, where the reference evapotranspiration was also determined by the different models and calibration of the parameters was performed using the Solver tool at same software. The model of Turc presented the lowest error rate ($RMSE_n < 10\%$), even without the calibration, while the Jensen-Haise model, which presented a higher coefficient of determination (R^2), obtained an error rate higher than 40% as well as less agreement on their data. The adjustment significantly reduced the error rates of the models, in addition to improving the agreement of their data. The Jensen-Haise model can be used in the municipality after the calibration of its parameters, while Turc can be applied without calibration.

KEY-WORDS: Settings; Penman-Monteith; Agricultural production

INTRODUÇÃO

O setor que mais consome água é o agropecuário, cerca de 80%, sendo que 69% são destinados a irrigação, que deve ser feita de maneira a suprir a necessidade da planta sem desperdício (ANDRADE JUNIOR et al., 2017). Por isso a importância da determinação da evapotranspiração da área de manejo.

Evapotranspiração é o processo simultâneo da perda de água para a atmosfera pela transpiração das plantas e evaporação do solo. A determinação da evapotranspiração é indispensável para a agricultura, pois a sua utilização no balanço hídrico do solo, juntamente com registros de precipitação, permite elaborar e determinar com maior precisão o manejo de irrigação e a estimativa de produtividade (MINUZZI et al. 2014).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi determinar a evapotranspiração de referência para o município de Conceição do Araguaia-PA utilizando diferentes equações empíricas a fim de observar suas eficiências e calibrar seus parâmetros para a minimização dos erros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados climáticos, de 2008 a 2018, da estação convencional do município de Conceição do Araguaia-PA, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados foram organizados no software Microsoft Excel 2016, excluindo falhas de marcações meteorológicas para que dessa forma fosse determinada a evapotranspiração de referência pelos seguintes métodos:

Tabela 1: Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência avaliados e suas respectivas equações.

Métodos	Referência Original e/ou citada	Equações de estimativa da ETo	Variáveis
FAO-56 Penman-Monteith (PM-FAO 56)	Allen et al. (1998)	$ET_0 = \frac{0,408 \times \Delta \times (R_n - G) + y \times \frac{900}{T_m + 273} \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta \times (1 + 0,34 \times U_2)}$ Eq. (54)	Tm; Rg; UR;
Priestley e Taylor (PT)	Priestley & Taylor (1972)	$ET_0 = A \times \left(\frac{\Delta}{\Delta + y} \right) \times \left(\frac{R_n - G}{\lambda} \right)$ Eq. (55)	Tm; Rg.
Turc (Tc)	Turc (1955)	$ET_0 = A \times \frac{T_x}{T_x + B} \times (C + R_g \times 23,88)$ Eq. (56)	Tx; Rg
Jensen-Haise (JH)	Jensen & Haise (1963)	$ET_0 = \frac{R_g}{2,5} \times (A \times T_m + B)$ Eq. (57)	Tm; Rg
Makkink (Mk)	Makkink (1957)		Rg

		$ET_0 = A \times \left(\frac{\Delta}{\Delta + y} \right) \times \left(\frac{R_g}{2,45} \right) - B$	Eq. (58)
Hargreaves e Samani (HS)	Hargreaves & Samani. (1985)	$ET_0 = A \times \frac{Ra}{2,45} \times (Tx - Tn)^{0,5} \times (Tm + B)$	Eq. (59) Tx; Tn; Tm
Linacre (Li)	Linacre (1977)	$ET_0 = \frac{A \times \frac{Tm}{100 - Lat} + B \times (Tm - To)}{C - Tm}$	Eq. (60) Tm; UR
Benevides-Lopes (BL)	Benevides & Lopes (1970)	$ET_0 = A \times 10^{\frac{7,5 \times Tm}{237,5 + Tm}} \times (1 - 0,1 \times UR) + B \times Tm - C$	Eq. (61) Tm; UR.

ET₀: evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Tx, Tn, Tm e To representam respectivamente a temperatura máxima, mínima, média e do ponto de orvalho, todas em °C; R_g é a radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); U₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (ms⁻¹); UR é a umidade relativa (%); ? é a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água (kPa °C⁻¹), sendo ? = (4098 × es) ÷ (Tm + 237,3)²; g a constante psicrométrica (0,0662 kPa °C⁻¹), sendo g = (0,665 × 10³ × Patm)⁻¹; ea é a pressão de vapor do ar; es que é a pressão de saturação à temperatura da superfície (kPa °C⁻¹); Ra é a radiação solar na ausência de atmosfera (MJ m⁻² d⁻¹); Lat é a latitude; e G a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹), considerada zero para estimar de ET₀ diária.

O ajuste dos parâmetros (calibração) foi iniciada pela obtenção da soma de quadrado do erro (Σ(Erro²)), considerando a ET₀ determinada pelo modelo de Peanman-Monteith como ET₀ observada e a ET₀ determinada pelos modelos matemáticos métodos alternativos como ET₀ estimada. A próxima etapa foi a obtenção de novos valores de parâmetros, por meio, da minimização da soma de quadrado, utilizando a ferramenta Solver, dentro do software Microsoft Excel 2010.

A qualidade dos ajustes e o desempenho dos métodos alternativos de ET₀ foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R²), pela raiz do erro quadrático médio normalizado (Equação 1) (LOAGUE; GREEN, 1991) e pelo índice de concordância de Willmott (1981) (Equação 2).

$$RMSEn = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \times \frac{100}{\bar{y}}} \quad \text{Eq. (62)}$$

(1)

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i + y_i - \bar{y}_i)^2} \quad \text{Eq. (63)}$$

(2)

em que RMSEn é a raiz do erro quadrático médio normalizado (%), d é o índice de concordância de Willmott, y, \hat{y} , \bar{y} representam respectivamente a ET₀ observada, estimada, e a média da observada (mm dia⁻¹), e n é o número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando as estimativas da evapotranspiração de referência pelos diferentes métodos em relação ao modelo padrão de Penman-Monteith (FAO 56), nota-se a variação de coeficiente de determinação em três grupos, o primeiro com $R^2 > 0,8$ (Makkink, Turc e Jensen-Haise), o segundo com $0,8 > R^2 > 0,7$ (Linacre e Benevides-Lopez) e o terceiro $0,7 > R^2 > 0,5$ (Hargreaves & Samani e Priestley & Taylor).

O modelo de Jensen-Haise apresentou o maior R^2 (0,89), no entanto, a concordância de seus dados foi a menor de todos os métodos analisados e também foi o que apresentou maior erro (RMSEn>40%). Isso quer dizer que mesmo tendo um elevado R^2 o modelo superestima a determinação da evapotranspiração de referência, ou seja, se for utilizado para dimensionamento da irrigação irá gerar gastos desnecessários, além de prejuízos ambientais.

O método de Makkink também apresentou uma grande taxa de erro (RMSEn>20%), assim como Benevides-Lopez. O modelo de Turc foi o que menor apresentou erros (RMSEn<10%), assim como obteve a maior concordância de dados, ($d=0,96$), demonstrando sua adequação aos dados climáticos de Conceição do Araguaia, mesmo sem o ajuste dos parâmetros (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação das estimativas de ET_0 (mm dia^{-1}) obtidas com diferentes métodos em relação ao método padrão, PM-FAO 56, antes (original) e após o ajuste (ajustado) dos parâmetros, para todos os dias do ano.

Métodos	Parâmetros Originais			Parâmetros Ajustados			dif%
	R2	d	RMSEn(%)	R2	d	RMSEn(%)	RMSEn(%)
Eto (PT)	0,67	0,89	15,65	0,67	0,89	15,10	-3,61
Eto (Mk)	0,86	0,79	23,57	0,86	0,96	9,92	-137,53
Eto (HS)	0,59	0,78	18,97	0,64	0,85	16,32	-16,23
Eto (Tc)	0,87	0,96	9,47	0,93	0,98	7,13	-32,93
Eto (JH)	0,89	0,70	40,36	0,89	0,97	9,01	-348,15
Eto (Li)	0,74	0,87	18,59	0,78	0,93	12,46	-49,29
Eto (BL)	0,77	0,82	25,09	0,79	0,94	11,98	-109,35

O modelo de Priestley & Taylor apresentou o segundo menor valor de coeficiente de determinação entre os métodos, ainda assim, apresentou uma concordância de seus dados superior aos métodos de Makkink, Hargreaves & Samani, Jensen-Haise, Linacre e Benevides-Lopez.

Após a calibração dos parâmetros, notou-se que todos os modelos sofreram diminuição nas suas taxas de erro (Tabela 2). Verificando os valores de RMSEn após a calibração, o modelo de Jensen-Haise foi o que teve a maior diminuição do erro, com uma queda de 348%, seguido pelo modelo de Makkink com diminuição de 137%. Por outro lado, o modelo em que o ajuste surtiu menos efeito foi em Priestley & Taylor, com uma queda de apenas 3%.

Outro ponto que a calibração melhorou foi a concordância dos dados (d). Com os novos valores dos parâmetros, em todos os modelos $d > 0,8$. Com destaque para o modelo de Turc, $d=0,98$.

Com a calibração, todos os parâmetros sofreram modificações, principalmente os de Turc que sofreram grandes aumentos em seus valores.

Os novos valores dos parâmetros estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3: Valores dos coeficientes originais e ajustados para o município de Paragominas-PA das equações comparados no estudo.

Métodos	Parâmetros					
	Originais			Ajustados		
Penam Monteith (FAO-56 PM)	A	B	C	A	B	C
Priestley e Taylor (PT)	1,26			1,2115		
Jensen-Haise (JH)	0,025	0,08		0,0201	0	
Hargeaves e Samani (HS)	0,002	17,8		0,0035	0	
Makkink (Mk)	0,61	0,12		0,7477	0	
Benevides-Lopes (BL)	1,21	0,21	2,3	0,6633	0,3476	6,2260
Turc (Tc)	0,013	15	50	18,4293	80768,8073	126,471
Linacre (Li)	500	15	80	291,4737	3,7385	48,9032

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo proposto por Turc é o mais recomendado para a município de Conceição do Araguaia-PA, mesmo sem o uso da calibração.

O modelo de Jensen-Haise pode ser utilizado, desde que passe pelo processo de calibração.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ANDRADE JUNIOR, A. S.; SILVA, C. O.; SOUSA, V. F.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p.181-190, ago 2017.

BENEVIDES, J. G.; LOPEZ, D. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15° N - 15° S), **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 1, n. 2. p. 96-99, 1985.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation Drainage Division**, American Society of Civil Engineers, Reston, v. 89, n. 1, p. 15-41, 1963.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates using temperature alone. **Agricultural Meteorology**, v. 18, p. 409-429, 1977.

LOAGUE, K.; GREEN, R.E. Statistical and Graphical Methods for Evaluating Solute Transport Models: Overview and Application. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 7, p. 51-73, 1991.

MAKKINK, G. F. Ekzameno de la formulo de Penman. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.5, p. 290-305, 1957.

MINUZZI, R. B.; RIBEIRO, A. J.; SILVA, D. O.; KUNESKI, A. C. Estimativa da Evapotranspiração de Referência Diária Por Penman-Monteith FAO com dados de Temperatura do Ar para Santa Catarina. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 548-558, 2014.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 100, p. 81-92, 1972.

TURC, L. Le bilan d'eau des sols: Relations entre les precipitations, l'évaporation et l'écoulement. **Annales Agronomiques**, Paris, v. 6, p. 5-131, 1955.

WILLMOTT, C.J. **On the validation of models**. *Physical Geography*, v.2, p. 184-194, 1981.

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO IMPACTO DO ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SERGIPE

Damaris Santos da Silva¹; Fábio Rodrigues de Moura¹; Marcos Aurélio Santos da Silva²; Ana Alexandrina Gama da Silva²; Deise Maria de Oliveira Galvão²
Autor para correspondência: damarissantos759@gmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

RESUMO

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) tem sido um instrumento de políticas públicas territoriais voltadas para o incremento da produção e produtividade, num contexto de variabilidade climática, de diversas culturas no Brasil. Este trabalho visa busca avaliar o impacto do ZARC sobre a produtividade do milho no polo produtor sergipano, o Território Rural Sertão Ocidental (TRSO), através de análise econométrica espacial para dados em painel entre 1999 e 2015. A estratégia de pesquisa consiste na investigação de transbordamentos espaciais gerados pela produtividade do milho, observando a repercussão e influência do ZARC sobre o TRSO, bem como sobre municípios vizinhos e contíguos a ele. Os resultados apontam o modelo de autorregressão espacial de melhor ajuste, revelando que a produtividade do milho é impactada positivamente pela precipitação pluviométrica, pelo crédito agrícola de custeio e pela política agrícola ZARC; no entanto, tal política exerceu efeito superior na produtividade do milho no TRSO que nos municípios vizinhos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise espacial exploratória; Dados em painel; Econometria espacial

SPATIO-TEMPORAL EVALUATION OF THE IMPACT OF CLIMATE RISK AGRICULTURAL ZONING ON THE MAIZE YIELD IN SERGIPE

ABSTRACT

The Climate Risk Agricultural Zoning (ZARC) has been an instrument of territorial public policies aimed at increasing production and productivity, in a context of climatic variability, of several crops in Brazil. This work aims to evaluate the impact of the ZARC on the maize yield in the Sergipe's producer pole, the Território Rural Sertão Ocidental (TRSO), through spatial econometric analysis of panel data between 1999 and 2015. The research strategy consists of the investigation of space spills generated by maize productivity, noting the repercussion and influence of the ZARC on the TRSO, as well as on municipalities neighboring and contiguous to it. The results point to the best fit spatial autoregression model, revealing that maize productivity is positively impacted by rainfall, agricultural credit and ZARC agricultural public policy; however, this policy had a higher effect on maize productivity in the TRSO than in neighboring municipalities.

KEY-WORDS: Exploratory spatial analysis; Panel data; Spatial econometrics

INTRODUÇÃO

A produção do milho no Brasil se configura numa das principais commodities agrícolas, visto que sua produção somada à soja corresponde a 90% da pauta graneleira nacional (CONAB, 2018). No último decênio, o estado de Sergipe tem experimentado semelhante tendência, visto que a produção do milho tem expandido em área plantada, produção e produtividade (IBGE, 2019), cujas mudanças assistidas em seu sistema de produção o levou a categoria de importador líquido do milho a exportador do grão (SANTANA, 2014).

A otimização do manejo e investimentos em capital atuaram diretamente sobre a produtividade do milho, modificando a planta agrícola sergipana (ARAÚJO et al., 2016). Tais fatores contribuíram para que a cultura adquirisse um volume produtivo significativo com respeito ao Nordeste, ganhando notoriedade e suprindo parte da demanda regional. Para a safra 2018/2019, o Observatório Agrícola da Conab (CONAB, 2019) avalia que Sergipe deve alcançar a maior produtividade para o milho em todo o Nordeste, ocupando cerca de 160 mil hectares em área plantada, destacando-se entre as microrregiões.

Tais aspectos lhe conferem nova dinâmica social, econômica e espacial, dado que seu sistema de produção tem abandonado o caráter de subsistência, ganhado corpo como cultura para monocultivo (SANTOS, 2012), contribuindo em volumes maiores ao Valor Bruto da Produção (VBP) agrícola sergipana, tomando novas dimensões espaciais por influência da expansão da sua área plantada e produtividade, tendendo a concentrar-se no Sertão e Agreste (IBGE, 2019), construindo aí um polo produtor para a cultura no estado.

Fatores exógenos e endógenos atuam diretamente sobre o rendimento da lavoura, em particular os aspectos edafoclimáticos. No Nordeste, o déficit hídrico se mostra elemento frequente, tornando vulnerável a produção agropecuária (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2009; BRUNINI, 2001). No entanto, instrumentos como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) têm proporcionado aporte de informações e análises ao mapeamento do cenário ótimo de produção dentro do binômio agricultura-clima (MAPA, 2019; STEINMETZ; SILVA, 2017). O ZARC incorpora caráter multidisciplinar, visto que, tais informações atingem os domínios da ciência econômica, ciência agrária, climatologia, materializado na forma de regiões edafoclimáticas (REC) definidas para a cultura, sendo por fim um instrumento de subsídio à formulação de políticas públicas.

Dentre os principais problemas apontados pelos produtores em entrevistas de avaliação do impacto do ZARC do milho em Sergipe estão a escassez hídrica, a comercialização com oscilações/instabilidade de preços e a ausência de unidades secadoras fixas, dentre outras. Portanto, O ZARC atua como política agrícola que pondera a dinâmica climática, edáfica e fenológica para as culturas, avaliando prováveis cenários de desarranjos climáticos via modelagens probabilísticas (WOLLMANN; GALVANI, 2013).

Segundo Embrapa (2018a), o ZARC é o produto da análise integrada de informações climatológicas (regime pluvial expresso pela quantidade e distribuição das chuvas, altitude, temperatura do ar e fotoperíodo), tipo de solo das regiões estudadas (I – arenoso, II – médio e III – argiloso), características da cultura a partir de ensaios regionais de cultivares (necessidade hídrica nas fases fenológicas da planta de acordo com os Grupos I - precoce, II - médio e III - tardio). Suas portarias estabelecem períodos de semeadura e as cultivares indicadas pelos obtentores/mantenedores para a inserção da cultura do milho no Proagro, uma vez que este seguro não cobre prejuízos advindos de exploração rural que não tenham seguido as suas normas, dentre elas a principal é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Havendo, portanto, uma clara contribuição para o ordenamento do território.

Operacionalizado oficialmente a partir da safra de 1996, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático atua como um instrumento para gestão e minimização de riscos da atividade agropecuária, articulado pela Secretaria da Comissão Especial de Recursos - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (CER/PROAGRO) (CUNHA; ASSAD, 2001). De fato, o ZARC tem sido um forte instrumento de apoio ao crédito agrícola, por exemplo avaliando os indicadores do Proagro[1] entre as safras 1995/1996 a 2003/2004 para o trigo no Paraná após afiliação ao ZARC, Mitidieri e Medeiros (2008) percebem que as informações acerca do risco agrícola transmitidas ao produtor incentivaram maior aceitação e adesão ao Proagro.

Sob a responsabilidade do MAPA, o ZARC segue uma metodologia com informações das propriedades pedológicas, climatológicas e fenológicas da cultura zoneada, somadas a metodologias estatísticas, a fim de que se mensure o risco de frustração da safra em função de fenômenos climáticos adversos (MITIDIERI; MEDEIROS, 2008).

[1] Programa de Garantia de Atividade Agropecuária é um seguro oficial criado em 1973 para cobrir prejuízos de frustração de safra ou perdas de criações.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) sobre a produtividade do milho em através de análise econométrica espacial para dados em painel, compreendendo o período entre 1999 e 2015, observando sua repercussão e influência no Território Rural Sertão Ocidental (TRSO), o qual será tomado como recorte geoespacial ao desenvolvimento das análises, bem como sobre municípios contíguos a ele.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Adotou-se como recorte geoespacial ao desenvolvimento das análises o polo produtor de milho sergipano, o Território Rural Sertão Ocidental (TRSO), formado por 19 municípios, a saber: Lagarto, Poço Verde, Riachão do Dantas, Simão Dias, Tobias Barreto, Carira, Frei Paulo, Nossa Senhora Aparecida, Pedra Mole, Pinhão, Ribeirópolis, São Miguel do Aleixo, Areia Branca, Campo do Brito, Itabaiana, Macambira, Malhador, Moita Bonita e São Domingos. Esses municípios compreendem regiões do Agreste e Centro-Sul sergipanos, abrangendo uma área de 6.683,80 km², cuja principal atividade agrícola da região, a produção do milho, atende aos mercados agroindustriais da região Nordeste, principalmente Bahia e Sergipe. Para além do TRSO foram incluídos ao estudo municípios adjacentes (até o 2º vizinho), a fim de que se avalie a presença de transbordamentos espaciais e o comportamento do ZARC sobre o TRSO e municípios contíguos a ele (Figura 1).



Figura 1: Localização dos municípios do TRSO e da área total de estudo, que inclui os municípios vizinhos (2ª ordem) ao TRSO. Fonte: IBGE/Bases Cartográficas (2018). Elaborado pelos autores.

Autocorrelação espacial

Para avaliação da dependência espacial, conforme a primeira Lei da Geografia (TOBLER, 1970), a produtividade do milho na área de estudo foram usados o índice I de Moran para avaliação da autocorrelação espacial global (CLIFF; ORD, 1981), e o indicador local de autocorrelação espacial LISA para avaliação das heterogeneidades locais (ANSELIN, 1995; ANSELIN;BERA, 1998).

Econometria espacial

A econometria espacial é um desdobramento da econometria clássica ou tradicional, visto que a incorporação do espaço às análises econométricas pode gerar resultados que apresentam dependência e heterogeneidade espaciais, ferindo os pressupostos do Modelo Clássico de Regressão Linear, tornando-o inconsistente (ALMEIDA, 2012; LESAGE, 1999). Logo, sua função é medir efeitos espaciais por meio de dados geoespaciais, cujas observações se conectem a objetos espaciais como regiões, áreas, zonas, etc. (ALMEIDA, 2012). Ou seja, o método pressupõe que os objetos espaciais, como municípios, recebem influência dos objetos vizinhos, direta ou indiretamente.

Para a estimação dos efeitos das covariáveis sobre a produtividade do milho, considerando-se o conjunto de municípios definido, optou-se por utilizar dados em painel, considerando-se o período de 1999 a 2015 para os 70 municípios da amostra. Um painel de dados espaciais considera em sua amostra regiões observadas em vários períodos no tempo. Sua estrutura permite acomodar a heterogeneidade espacial não observável que incide sobre os parâmetros, em especial sobre o intercepto, que pode variar entre as regiões em função de variáveis não observadas omitidas, de forma que a heterogeneidade também pode ser manifestada no erro espacial (ALMEIDA, 2012).

Por incluir a dimensão temporal e o corte transversal, a estrutura em painel eleva a eficiência do estimador, ampliando os graus de liberdade, fornecendo maior informação sobre o fenômeno. Sua maior variação nas variáveis e redução da colinearidade traz robustez ao modelo, reduzindo influências adversas sobre os estimadores em função de variáveis relevantes omitidas, mas constantes no tempo (ALMEIDA, 2012). No entanto, existem limitações. Os dados em painel aumentam os riscos de amostras incompletas, podendo incluir erros pela escolha incorreta dos dados (MARQUES, 2000).

Para o presente estudo, optou-se por avaliar diferentes modelos, a saber: os modelos de efeitos não observados (*pooling*), de efeitos fixos e de efeitos aleatórios com dependência espacial. Será estimado também o modelo em painel com efeitos aleatórios sem a especificação espacial, a fim de que se observe o peso do espaço sobre as variáveis.

Modelo Espacial de Efeitos Fixos (EF)

O modelo para efeito fixo espacial com dependência espacial para dados empilhados é definido como:

$$y_{it} = \alpha_i + \rho W y_{it} + X_{it} \beta + W X_{it} \tau + \xi_{it} \quad (1a)$$

$$\xi_{it} = \lambda W \xi_{it} + \varepsilon_t, \quad (1b)$$

onde i é um índice das observações (municípios), com $i=1, \dots, N$ e t é um índice da dimensão espacial, com $t=1, \dots, T$. α_i

α_i é um vetor de interceptos não observados específico às unidades e constante no tempo para efeito fixo; $W y_{it}$
 é a defasagem espacial para a variável dependente; $W X_{it}$
 é a variável explicativa exógena espacialmente defasada; $W \xi_{it}$
 é o termo de erro espacialmente defasado; W
 é a matriz de ponderação espacial; ρ
 e λ
 são parâmetros espaciais escalares e τ
 um vetor de coeficientes espaciais (ALMEIDA, 2012).

Modelo Espacial de Efeitos Aleatórios

Este modelo considera efeitos não observados e constantes no tempo específico à região, cujos elementos não observados são absorvidos pelo erro aleatório. O modelo para efeito aleatório espacial com dependência espacial para dados empilhados é definido como:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + X_{it} \beta + W X_{it} \tau + \xi_{it} \quad (2a)$$

$$\xi_{it} = \lambda W \xi_{it} + \varepsilon_{it} + \alpha_i, \quad (2b)$$

onde α

α_i é um componente do erro aleatório que varia entre as regiões mas permanece constante no tempo; $W y_{it}$
 é a defasagem espacial para a variável dependente; $W X_{it}$
 é a variável explicativa exógena espacialmente defasada; $W \xi_{it}$
 é o termo de erro espacialmente defasado; W
 é a matriz de ponderação espacial; ρ
 e λ
 são parâmetros espaciais escalares e τ
 um vetor de coeficientes espaciais (ALMEIDA, 2012).

Modelos de Dependência Espacial com Transbordamento Global

Para modelos econométricos espaciais de alcance global, a dependência espacial leva ao transbordamento da variável dependente sobre as demais áreas consideradas em estudo por influência do multiplicador espacial (CHASCO, 2003), ou seja, choques sobre a variável dependente repercutem às demais áreas por meio do seu multiplicador espacial.

São exemplos de modelos espaciais globais os modelos auto-regressivos (SAR), do erro (SEM) e completos (SAC) que agregam os dois anteriores.

Modelo auto-regressivo (SAR – Spatial Auto Regressive)

Para esse modelo, a variável dependente de (y) regiões vizinhas interagem, de forma que um alto (baixo) valor da variável dependente na região j (y_j) reflete num aumento (diminuição) da variável dependente na região i (y_i). O modelo é expresso por:

$$y = \rho W y + X \beta + \varepsilon \quad (3a)$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (3b)$$

onde y é um vetor $n \times 1$ de variáveis dependentes; ρ é o coeficiente de defasagem autorregressivo que mede a influência média da variável dependente dos vizinhos $W y$ sobre a variável dependente de interesse y ; $W y$ é o vetor $n \times 1$ representando a variável dependente defasada pela matriz de peso espacial; X é matriz de variáveis explicativas exógenas e ε o termo de erro (ALMEIDA, 2012).

Modelo do erro (SEM – Spatial Error Models)

Aqui se busca captar parte da dependência espacial presentes no erro aleatório entre regiões vizinhas, isto é, a interação entre o termo de erro da unidade geográfica i e o termo de erro da sua vizinhança (ALMEIDA, 2012). O modelo SEM pode ser apresentado como:

$$y = X \beta + \lambda W \xi + \varepsilon \quad (4a)$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (4b)$$

onde λ é o parâmetro espacial autorregressivo, cuja defasagem $W \xi$ revela os choques sobre a variável dependente provenientes do erro das regiões mais conectadas ou menos conectadas a matriz W , no qual o parâmetro λ mede a dependência espacial no erro, que tende a se dissipar a medida que se distancia do epicentro ($|\lambda| < 1$). Ou seja, a influência espacial do modelo provém de variáveis que foram omitidas, refletindo numa maior significância no parâmetro autorregressivo λ .

Modelo completo (SAC – Spatial Mixed Regressive Auto-Regressive Complete)

Neste modelo o processo de dependência espacial apresenta-se sobre a variável resposta, como também sobre o erro.

$$y = \rho W_1 y + X \beta + \lambda W_2 \xi + \varepsilon \quad (5a)$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (5b)$$

A variável dependente e o termo de erro de unidades geográficas vizinhas comunicam-se, de forma que as restrições sobre os parâmetros autorregressivos evitam instabilidades, isto é, $|\rho| < 1$ e $|\lambda| < 1$ (ALMEIDA, 2012).

De forma sintética, os coeficientes de defasagem espacial assumirão as características apresentadas no quadro 1 para seu respectivo modelo:

Quadro 1: Característica assumida pelo coeficiente de defasagem espacial.

Modelo	Coeficiente de defasagem	
	ρ : var. dependente	λ : erro
SAR	$\rho \neq 0$	$\lambda = 0$
SEM	$\rho = 0$	$\lambda \neq 0$
SAC	$\rho \neq 0$	$\lambda \neq 0$

Fonte: elaborado pelos autores.

Variáveis de estudo

Para aferir a presença de transbordamentos espaciais gerados pela produção do milho na área considerada em análise, o presente trabalho propõe como covariáveis que afetam a produtividade do milho a precipitação pluviométrica, o crédito rural (investimento e custeio), a tecnologia (ZARC), o solo, a região TRSO, e uma interação entre a tecnologia (ZARC) e o TRSO.

Para o estudo, considerou-se apenas a quadra chuvosa da região, ou seja, o período entre março e junho. Os dados são provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

A variável climática sofreu simulações pelo método de Thiessen^[1] a fim de que o dado fosse encontrado a nível municipal, considerando o volume da precipitação para a quadra chuvosa (março-junho).

Para captar a participação e influência de políticas públicas para a produção agrícola, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) foi tomado como a variável tecnologia, visto que suas informações são produto de modelagens para dados climáticos, fenológicos e edáficos, isto é, para clima, planta e solo. O método desenvolvido pela Embrapa e adotado pelo MAPA cria uma relação entre esses fatores e o meio socioeconômico, apontando culturas economicamente viáveis para fins de financiamento da produção, contribuindo para a organização do território e uso do solo, mensurando o risco de frustração da safra (WOLLMANN; GALVANI, 2013), indicando o que, onde e quando plantar (ASSAD et al., 2008b). Logo, os municípios selecionados para a presente pesquisa foram classificados como não zoneados e zoneados, recebendo o valor binário 0 ou 1, respectivamente. As informações sobre o zoneamento foram catalogadas nas Portarias do Diário Oficial da União (DOU) acerca do ZARC.

Os dados de crédito rural foram coletados no Anuário Estatístico do Crédito Rural e na Matriz de Dados do Crédito Rural, disponibilizados pelo Banco Central do Brasil (BCB). Foram selecionadas as finalidades de crédito de Investimento Agrícola e Custeio Agrícola, com valores deflacionados pelo Índice de Preço Agropecuário (IPA). Com base no número de contratos de custeio e investimento firmados em cada município, foram calculados o crédito real médio (por contrato) de custeio e investimento agrícola.

Foram selecionados os tipos de solo predominantes dos municípios que compõem a área em estudo, na qual a variável foi interpretada como uma *dummy*, sendo entendida como um fator qualitativo. Os dados para o solo foram publicados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos e seguem classificação apresentada no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação dos tipos de solo predominantes na área em estudo.

TIPO	DESCRIÇÃO	TIPO	DESCRIÇÃO
------	-----------	------	-----------

CX	Cambissolo Háptico	RQ	Neossolo Quartzarênico
ES	Espodossolo Ferrocárbico	SN	Planossolo Nátrico
LA	Latossolo Amarelo	SX	Planossolo Háptico
PVA	Argissolo Vermelho-Amarelo	TC	Luvissolo Crômico
RL	Neossolo Litólico		

Fonte: Embrapa Solos. Elaborado pelos autores.

Os municípios do TRSO constituem um grupo, e foram transformados em uma variável de controle, a fim de que se afira a existência de uma influência específica do grupo de municípios do TRSO sobre a produtividade, *ceteris paribus*.

O conjunto de covariáveis se encerra numa interação entre a tecnologia ZARC e o TRSO, com a finalidade de observar se a política do ZARC exerce maior impacto sobre o TRSO que sobre os vizinhos. O Quadro 3 descreve as variáveis, seus sinais esperados e respectivas fontes.

Quadro 3: Variáveis adotadas na estimação do modelo econométrico espacial.

Variável	Descrição	Sinal esperado	Fonte
PM	Produtividade do Milho		PAM
QPreci	Precipitação pluviométrica considerando a quadra chuvosa (março – junho)	+	INMET, ANA, DAEE
CInvest	Crédito médio para investimento agropecuário, deflacionado pelo IPA	+	BACEN
CCust	Crédito médio para custeio agropecuário, deflacionado pelo IPA	+	BACEN
ZARC	Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Se município zoneado – 1, se não – 0	+	DOU
Solo	Tipo de solo predominante da área investigada como variável <i>dummy</i>	Indefinido	Embrapa Solos
Grupo	Municípios que compõem o TRSO	+	IBGE
ZARC_Grupo	Interação entre a tecnologia e o TRSO	+	DOU/IBGE

Fonte: Elaborado pelos autores.

As elasticidades-resposta das covariáveis foram encontradas mediante transformação por seno hiperbólico inverso, que tem como suporte a reta real (incluindo zero). A transformação foi aplicada para todas as variáveis, exceto as *dummies* ZARC, Solo, Grupo, e a interação entre ZARC e Grupo.

[1] Ver Thiessen (1911)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Autocorrelação espacial

O índice de Moran calculado para a produtividade englobando a série temporal estabelecida (1999-2015) mostrou-se positivo e significativo, indicando a existência de autocorrelação espacial positiva, confirmando a presença de uma interação espacial na área de estudo definida, interação essa construída pela produtividade do milho, isto é, municípios com alta (baixa) produtividade são vizinhos de municípios com alta (baixa) produtividade. Buscando captar tais efeitos em estudo que considera para além do TRSO, seus municípios vizinhos para período entre 1999 e 2015, constatou-se forte dependência espacial estatisticamente demonstrada pelo índice I de Moran (Tabela 1).

Tabela 1: Valores para os índices I de Moran e seu p-valor calculado para produtividade e para cada ano da série temporal.

Ano	Produtividade		Ano	Produtividade	
	I	p-valor		I	p-valor
1999	0,5105569	0,0000	2008	0,5154232	0,0000
2000	0,5127041	0,0000	2009	0,6046794	0,0000
2001	0,4398901	0,0000	2010	0,6398359	0,0000
2002	0,5339836	0,0000	2011	0,4714834	0,0000
2003	0,4399676	0,0000	2012	0,2394801	0,0001
2004	0,1496988	0,0075	2013	0,4669373	0,0000
2005	0,1466064	0,0114	2014	0,5630975	0,0000
2006	0,3191666	0,0000	2015	0,4518034	0,0000
2007	0,3956557	0,0000			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Heterogeneidade espacial local detectada através do índice LISA para a variável rendimento, cujos municípios de Nossa Senhora Aparecida, Carira, Frei Paulo, Pinhão, Simão Dias e Poço Verde ganharam destaque, visto que tais municípios foram classificados, em grande medida, pelos índices de Moran e LISA como positivamente autocorrelacionados com valor para além do índice médio, como visto na Figura 2.

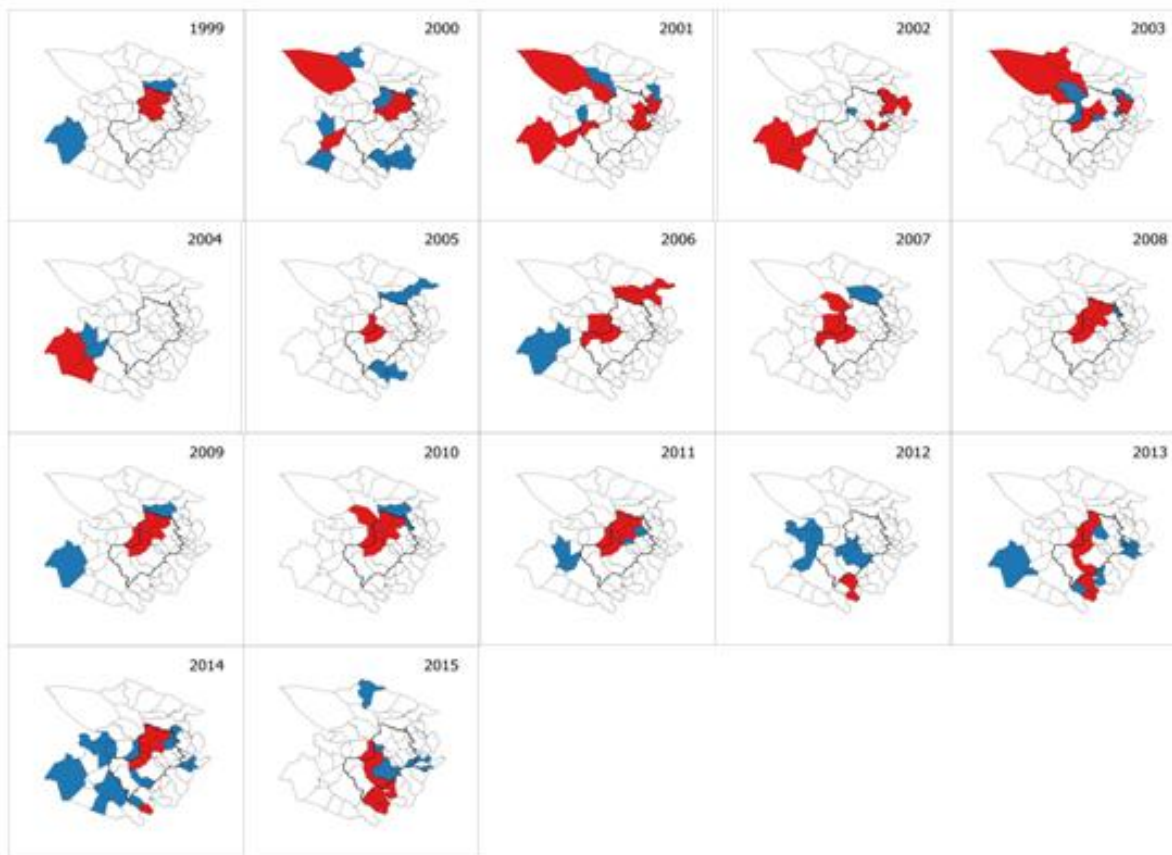


Figura 2: Agregados espaciais locais identificados pelo indicador LISA.

Elaborado pelos autores.

Vista a formação de uma interação espacial na área de estudo acerca da produção de milho, marcada pela presença de dependência e heterogeneidade espaciais, demonstradas pelos índices de autocorrelação global e local, que fator seria responsável por gerar externalidades (efeito de transbordamento espacial), afetando a produtividade do milho, considerando a cadeia de municípios definida?

Econometria espacial

Para a análise econométrica, a regressão espacial estimada assume a seguinte estrutura:

$$\begin{aligned}
 PM_{it} = &+ QPreci_{it} + CInvest_{it} + CCust_{it} + ZARC_{it} + ES_i + LA_i + PVA_i + RL_i + RQ_i + SN_i + SX_i + TC_i + Grupo_i \\
 &+ ZARC_Grupo_{it} + WQPreci_{it} + WCInvest_{it} + WCCust_{it} + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

O modelo de regressão em painel também foi estimado sem a especificação espacial. Como o tipo de solo e o grupo TRSO são variáveis que assumem valores constantes no tempo, foi estimado o modelo de efeitos aleatórios (EA). Já para os modelos que assumem a especificação espacial, foram estimados o modelo em pooling, os efeitos fixos espaciais (EFE) e os efeitos aleatórios espaciais (EAE). Os resultados são apresentados na Tabela 2. Por sua vez, os valores assumidos pelos coeficientes de defasagem espacial para o modelo de efeitos aleatórios sugeriram o modelo SAR como o mais adequado. O coeficiente de defasagem espacial ρ assumiu estimativa significativa à 10% e diferente de zero ($\rho = 0,21297$), apontando a existência de uma interação espacial entre os municípios a partir da produtividade do milho.

Tabela 2: Resultados para regressão com dados em painel: modelo com efeitos aleatórios (EA), “pooling” espacial, efeitos fixos espaciais (EFE) e efeitos aleatórios espaciais (EAE).

Variáveis	EA	POOLING	EFE	EAE
Intercepto	4.02 (1.02) ***	3.088 (0.74) ***	-0.19 (0.90)	1.47 (0.74) *
QPreci	0.53 (0.15) ***	0.21 (0.09) *	0.89 (0.21) ***	0.38 (0.13) **
CInves	0.0047 (0.0078)	0.0228 (0.010) *	0.0089 (0.010)	0.0153 (0.01)
CCust	0.0297 (0.0168) *	0.0502 (0.01) ***	0.0215 (0.014)	0.037 (0.01) **
ZARC	0.343 (0.108) ***	0.178 (0.084) *	0.0623 (0.083)	0.114 (0.080)
ES	-0.901 (0.30) ***	-0.752 (0.236) **		-0.92 (0.35) **
LA	-1.214 (0.29) ***	-0.752 (0.24) ***		-1.49 (0.32) ***
PVA	-0.592 (0.266) **	-0.556 (0.16) ***		-0.667 (0.23) **
RL	-0.503 (0.272) *	-0.617 (0.16) ***		-0.671 (0.24) **
RQ	-1.023 (0.27) ***	-1.322 (0.21) ***		-1.30 (0.32) ***
SN	-0.616 (0.273) **	-0.716 (0.19) ***		-0.676 (0.295) *
SX	-0.612 (0.328) *	-0.849 (0.21) ***		-0.874 (0.32) **
TC	-1.135 (0.26) ***	-1.682 (0.29) ***		-1.67 (0.44) ***
Grupo	0.00404 (0.128)	-0.0188 (0.141)		-0.0426 (0.166)
ZARC_Grupo	0.217 (0.182)	0.314 (0.151) *	0.304 (0.138) *	0.293 (0.143) *
WQPreci		0.290 (0.118) *	-0.219 (0.282)	0.222 (0.148)
WCCInvest		0.0288 (0.023)	0.0290 (0.020)	0.0296 (0.021)
WCCust		0.00489 (0.033)	0.0687 (0.035)	0.0343 (0.0329)
ρ		0.0903 (NA)	0.259 (0.152)	0.212 (0.125)
λ		0.0135 (NA)	-0.237 (0.179)	-0.175 (0.150)
LogLik		-1307.119	-2511.114	-1292.059
Akaike (AIC)		2650.238	5184.228	2620.117
Schwarz (BIC)		2738.214	5580.12	2708.093

Obs: Erro padrão entre parênteses. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, $p < 0.1$. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os critérios de informação (LogLik, AIC, BIC) que medem a qualidade do ajuste para o modelo estimado apontaram os efeitos aleatórios espaciais (EAE) como de melhor ajuste, indicando a existência de efeitos não observados e constantes no tempo específico à região estudada que foram absorvidos pelo erro aleatório. Os efeitos observados constantes no tempo, como o efeito do grupo TRSO e dos solos, não são estimados pelo método de efeitos fixos espacial.

Com relação ao efeito estimado das covariáveis, a precipitação pluviométrica mostrou influência positiva e significativa na produtividade do milho. Segundo as estimativas obtidas, um aumento exógeno de 10% na precipitação gera um acréscimo de quase 3,8% na produtividade média. O crédito para custeio também foi significativo, porém com baixa magnitude: estima-se que um acréscimo de 10% nessa linha de crédito gera um incremento de 0,37% na produtividade média do milho. Apesar de a estimativa do crédito de investimento ser também positiva pontualmente, sua medida não alcançou significância estatística.

O ZARC também se mostrou positivo, revelando exercer forte influência sobre a produtividade, de mais de 11%, podendo-se inferir que as informações fornecidas no zoneamento acerca das janelas de plantio e as cultivares adequadas a determinado solo contribuem no rendimento da cultura do milho. No entanto, sua estimativa não foi estatisticamente significativa.

Todos os solos alcançaram significância estatística, no entanto, todos eles são menos produtivos que o solo base (CX). Por exemplo, o solo PVA (Argissolo Vermelho-Amarelo) apresenta uma produtividade 66% menor que o solo base CX (Cambissolo).

O efeito da variável de interação entre ZARC e o grupo TRSO se mostrou positivo e significativo a 5%, revelando que o ZARC gera um efeito maior sobre a produtividade do milho no TRSO que nos vizinhos (um diferencial sobre a produtividade de aproximadamente 30%), de sorte que essa política atua de forma diferenciada no TRSO, contribuindo para que sua produtividade seja mais eficiente que a produtividade dos municípios circunvizinhos ao TRSO.

A variável precipitação espacialmente defasada apontou para um transbordamento espacial positivo, ou seja, a precipitação em determinado município influencia positivamente a produtividade do município vizinho. No entanto, sua estimativa não alcançou significância estatística. Ademais, apesar de não atingir significância estatística, o crédito de investimento e de custeio espacialmente defasado apresentou efeito marginal pontualmente positivo indicando possível transbordamento ao município vizinho apontando possível efeito-demonstração que ocorre no espaço agrícola.

Os dados confirmam as percepções de técnicos extensionistas e produtores do grão de que o ZARC do milho em Sergipe trouxe alterações na paisagem e nos sistemas de produção, com novas variedades adaptadas para o espaço agrícola, a tecnificação dos sistemas de plantio, a ampliação da área plantada e da produtividade a partir da redução de risco de perdas agrícolas por escassez ou excesso de chuvas, além da possibilidade de cobertura do seguro agrícola (EMBRAPA, 2018b).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os índices de autocorrelação espacial global e local, interpretados pelos índices Moran e LISA confirmaram a presença de uma interação espacial construída pela produtividade do milho na área investigada, consentindo prosseguir com a análise econométrica espacial, que por sua vez revelou a construção de transbordamentos da variável dependente, isto é, da produtividade do milho.

O ZARC, variável de política agrícola que atua como proxy para tecnologia, além de mostrar um efeito relevante sobre a produtividade do milho, exerce influência superior no TRSO, indicando que tal política contribui para incrementos na produtividade do milho no território ainda maiores aos municípios vizinhos, corroborando a hipótese da existência de um fenômeno diferenciado para a produção do milho no TRSO por influência do ZARC.

Assumindo-se que o produtor de milho em um determinado município observa a produção da cultura no município vizinho, levando-o a buscar informações adicionais sobre o processo produtivo, pode-se argumentar a respeito da existência de uma influência indireta do ZARC por intermédio da variável resposta. Esse comportamento está fortemente associado ao uso das cultivares indicadas, assim como dos seus respectivos sistemas de produção, além de que a política agrícola de zoneamento amplia a abrangência do financiamento rural para a cultura do milho no TRSO.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. 1. ed. Campinas: Editora Alínea, 2012.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, p. 93-115, 1995.
- ANSELIN, L.; BERA, A. Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics. In: ULAH A.; GILES D. E. (Eds.). **Handbook of Applied Economic Statistics**. Marcel Dekker: New York, p.237-89, 1998.
- ASSAD, et al. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v.29, n.246, p.47-60, 2008.
- ARAÚJO, H. M. et al. O agronegócio do milho e a modernização agrícola na sub-bacia do rio Salgado. **REGNE**, Caiacó, RN, v. 2, n. Especial, p. 585-594, 2016.
- BERGAMASCHI, H; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. de A. (Org.). **Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INPE, 2009, p. 239-260.
- BRUNINI, O. et al. Riscos climáticos para a cultura de milho no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, RS, v.9, n.3, p.519-526, 2001. Número Especial – Zoneamento Agrícola.
- CHASCO, C. **Econometria espacial aplicada a lapredicción-extrapolación de datos microterritoriales**. Madri: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 2003.
- CLIFF, A.D.; ORD, J.K. *Spatial processes: models and applications*. London: Pion; 1981.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Observatório agrícola: acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2018/2019, v. 6, n.2, 2018.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Observatório agrícola: acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2018/2019, v. 6, n.6, 2019.
- CUNHA, G. R. da; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, RS, v. 9, n. 3, p. 377- 385, 2001.
- DOU. **Diário Oficial da União**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Política Agrícola. Portaria n. 129, 11 de Julho de 2018.
- EMBRAPA. **Relatório de Avaliação de Impactos da Tecnologia Zoneamento Agrícola de Risco Climático da Soja no SEALBA**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. ALMEIDA, M. R. M. de; GALVÃO, D. M. de O.; FIGUEIROA, J. G. de; PROCÓPIO, S. (org). Relatório Técnico, 2018a.
- EMBRAPA. **Relatório de Avaliação de Impactos da Tecnologia Zoneamento Agrícola de Risco Climático do Milho em Sergipe**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. ALMEIDA, M. R. M. de; GALVÃO, D. M. de O.; BATISTA, N. C. S.; SILVA, A. A. G. da; CARVALHO, H. W. L. de (org). Relatório Técnico, 2018b.
- GASQUES, J. G.; BACCHI, M.; BASTOS, E. Impactos do crédito rural sobre variáveis do agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano XXVI, n.4, p. 132-140, 2017.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, 103, p. 137-157, 2000.

IBGE. **Bases Cartográficas**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas.html>>. Acesso em: 22 de dez. 2018.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Sistema IBGE de recuperação automática, SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 22 de jan. 2019.

LESAGE, J. P. **Spatial Econometrics**. Mimeo., Department of Economics, University of Toledo, 1999. Disponível em <<https://www.spatial-econometrics.com/html/wbook.pdf> >. Acesso em: 15 de jun. 2018.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Zoneamento Agrícola de Risco Climático: Instrumento de Gestão de Risco Utilizado pelo Seguro Agrícola do Brasil. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 12 de fev. 2019.

MARQUES, L. D. **Modelos dinâmicos com Dados em Painel**: revisão de literatura. CEMPRE, Faculdade de Economia do Porto, Porto, Portugal, 2000.

MITIDIARI, F. J.; MEDEIROS, J. X. de. Zoneamento Agrícola de Risco Climático Ferramenta de auxílio ao seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano XVII, n. 4, p. 33-46, 2008.

SANTANA, J. W. C. de. **Redes emergentes de comercialização agrícola em Sergipe**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. da. **Início dos Estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017.

THIESSEN, A. H. Precipitation averages for large areas. **Monthly Weather Review**, Boston, MA, v. 39, n.7, p. 1082-1089, 1911.

TOBLER, W. R. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. **Economic Geography**, London, UK, v. 46, Supplement: Proceedings. International Geographical Union. Commission on Quantitative Methods, p. 234-240, 1970.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, MG, v. 25, n. 1, p. 179-189, 2013.

ANÁLISE DA CONTINUIDADE ESPACIAL DA TEMPERATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Guilherme David Dantas¹; Luiz Antônio Oliveira¹
Autor para correspondência: guilhermedd@yahoo.com.br

¹Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da continuidade espacial da temperatura na bacia hidrográfica do Rio São Francisco em sua área de ocorrência no estado de Minas Gerais, série histórica 2004 a 2017. Os dados de temperatura, oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, foram organizados e tratados em planilha do Microsoft Excel. A análise geoestatística utilizando as técnicas do semivariograma, krigagem ordinária e validação cruzada foi desenvolvida no software SGEMs. O tratamento no semivariograma resultou como parâmetros ótimos: lag de 15; distância h de 60.000m; efeito pepita de 0,3; sill de 2,5 e alcance variográfico de 315 Km. A Krigagem Ordinária foi configurada com os parâmetros resultantes do semivariograma sobre uma malha regular de células de 10x10Km. Estatísticas da média dos dados validados e do erro médio quadrático apresentaram valores de 22,658°C e 1,84°C e variâncias de 2,80689 e 1,83, respectivamente nesta ordem. Foi confeccionado o mapa da temperatura estimada.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística; Temperatura; Krigagem

ANALYSIS OF THE SPACE CONTINUITY OF THE TEMPERATURE IN SÃO FRANCISCO RIVER WATERSHED

ABSTRACT

The objective of this work is to analyse the behavior of the space continuity of the temperature in São Francisco river watershed in his incident area in the state of Minas Gerais, historical series 2004 to 2017. The data of temperature, originating from the National Institute of Meteorology – INMET, were organized and treated in spreadsheet of the Microsoft Excel. The geostatistical analysis using the techniques of the semivariogram, ordinary kriging and crossed validation was developed in the software SGEMs. The treatment in the semivariogram resulted like the best parameters: lag of 15; distance h of 60.000m; effect nugget of 0,3; sill of 2,5 and variogram reach of 315 Km. Ordinary Kriging was shaped with the resultant parameters of the semivariogram on a regular mesh of cells of 10x10Km. Statistics of the average of the validated data and of the mean square error presented values of 22,658°C and 1,84°C and variances of 2,80689 and 1,83, respectively in this order. There was made the map of the predicted temperature.

KEY-WORDS: Geostatistical; Temperature; Semivariogram

INTRODUÇÃO

A temperatura constitui-se um elemento climático cuja representação espacial das condições térmicas regionais configura-se fator indispensável nos estudos de caráter ambiental, social e econômico.

Vários fatores influenciam a distribuição da temperatura sobre a superfície da Terra ou parte dela. Eles incluem a quantidade de insolação recebida, a natureza da superfície, a distância a partir dos corpos hídricos, o relevo, a natureza dos ventos predominantes e as correntes oceânicas (AYOADE, 2011).

Ao se analisar o comportamento da temperatura de grandes extensões no Brasil, depara-se com dados meteorológicos geralmente pontuais e irregularmente distribuídos. Sob a condição de que a manifestação deste fenômeno meteorológico não é homogênea ao longo do espaço, algumas regiões dependem diretamente de estimativas para determinação dos valores de temperatura locais. Com base no exposto por Mello (2016), quando se realiza o mapeamento de uma variável climática a partir de estações de superfície tem-se a problemática de generalizar o resultado para uma área a partir de amostras pontuais.

Considerando que a temperatura apresenta certo grau de dependência espacial, a geoestatística ou teoria das variáveis regionalizadas apresenta-se como uma alternativa na análise amostral, pois permite definir o raio de dependência entre os exemplares. No conceito fundamental da geoestatística tem-se que as amostras mais próximas no tempo e no espaço sejam mais similares entre si (Baú et al., 2006; Caram, 2007).

Portanto, a geoestatística permite, mesmo por meio de amostras distribuídas irregularmente, quantificar a dependência espacial da variável e reproduzir em gráficos seu comportamento no espaço. Segundo Mota (2008) apud Pontes (2002), a geoestatística é baseada, fundamentalmente, em dois conceitos: o do semivariograma, utilizado para descrever a estrutura da variabilidade espacial e o da krigagem, utilizado para estimar os valores não observados, com variância mínima.

O semivariograma/variograma é uma ferramenta utilizada na geoestatística para descrever a dependência espacial de uma variável. São funções matemáticas fundamentais na aplicação da geoestatística. Ele determina, sobretudo, a dependência entre duas variáveis aleatórias regionalizadas locais, levando em consideração à auto correlação em função da distância e da direção delas. É pré-requisito para os métodos de interpolação de krigagem e cokrigagem, se houver dependência espacial entre as amostras, podem-se estimar valores para os locais não amostrados (Carvalho et al., 2004; Mello, 2004; Mello et al., 2005; Moulin, 2005; Baú et al., 2006).

Dentre as técnicas estatísticas de estimativa, a krigagem é um método univariado de inferência espacial que usa a dependência no espaço expressa no semivariograma/variograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição da área de estudo, tornando-se um ótimo estimador por ser o método que mais minimiza o erro de viés. A utilização da krigagem possibilita o cálculo de uma medida do erro de estimação para cada valor e de um intervalo de confiança (Mello, 2004; Moulin, 2005; Baú et al., 2006; Carvalho et al., 2004).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Assim, diante do que foi exposto, o objetivo desta pesquisa é analisar a continuidade espacial da temperatura na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em seu trecho no estado de Minas Gerais, utilizando técnicas geoestatísticas que incluem semivariograma/variograma, Krigagem e validação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, conforme BRASIL (2006), se situa entre as coordenadas 7°17' a 20°50' de Latitude Sul e 36°15' a 47°39' de Longitude West e é formada por diversas Sub-bacias que deságuam no Rio São Francisco, e este por sua vez no Oceano Atlântico, em divisa com os Estados de Alagoas e Sergipe. Apresenta 638.323km² (8% do território nacional), abrange 503 Municípios e parte do Distrito Federal, 1.277km² representando 0,2% da Bacia) e sete Unidades da Federação: Bahia (307.794km², 48,2%), Minas Gerais (235.635km², 36,9%), Pernambuco (68.966km², 10,8%), Alagoas (14.687km², 2,3%), Sergipe (7.024km², 1,1%) e Goiás (3.193km², 0,5%).

A área de estudo delimita-se pela Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais, que abrange uma área de 235.635 Km², é delimitada pelas coordenadas Latitudinais de 14°11'S e 21°03'S e de Longitude 42°29'O e 47°21'O, regiões do alto e médio curso da referida bacia (Figura 1)

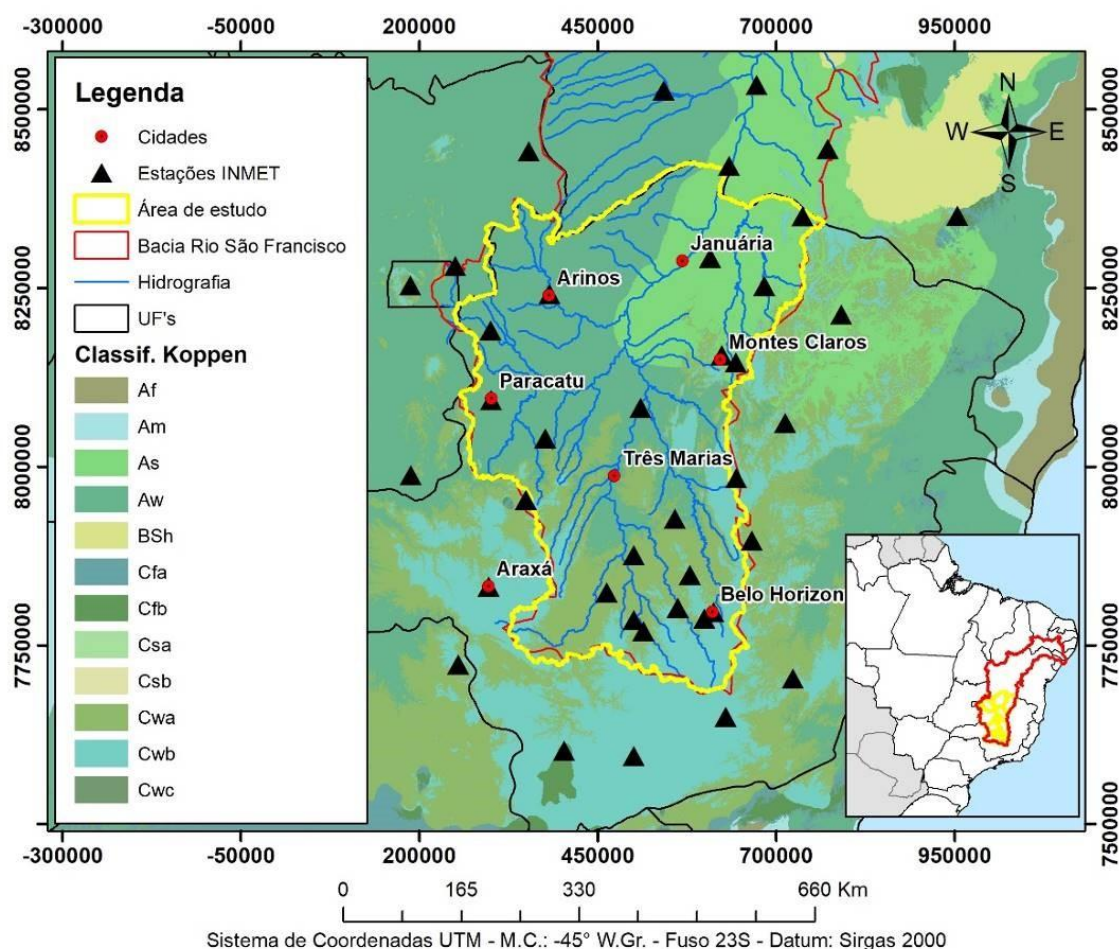


Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais.

Neste trabalho utilizou-se dos dados de temperatura de 38 estações pluviométricas do INMET, da série histórica de 2004 e 2017, conforme Quadro 1. Os dados encontram-se disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no endereço eletrônico do INMET: www.inmet.gov.br. Foram selecionadas estações além da área de abrangência do estudo para permitir a interpolação de dados em toda a bacia.

Quadro 1: Lista das estações pluviométricas do INMET. Coordenadas na projeção UTM, fuso 23 Sul.

CÓD. DA ESTAÇÃO	NOME	E	N	ALT	TEMP. ANUAL MÉDIA 2004 A 2017
83579	Araxá	296528	7831626	1024	21,48
83384	Arinos	382251	8240710	519	25,20
83582	Bambuí	500000	7785199	661	20,87
83689	Barbacena	628663	7649679	1126	18,52
83587	Belo Horizonte	611982	7795908	915	22,14
83533	Bom Despacho	462266	7823889	695	20,98

83288	Bom Jesus da Lapa	672260	8533563	440	26,62
83377	Brasilia	187129	8253230	1160	21,55
83589	C do Mato Dentro	665239	7896222	652	21,24
83339	Caetite	772144	8444183	882	22,21
83485	Carbonita	712315	8060696	736	21,67
83408	Carinhanha	633754	8420950	450	25,41
83526	Catalao	187912	7987391	840	23,45
83286	Correntina	542236	8526337	549	24,26
83536	Curvelo	557974	7926745	672	23,10
83538	Diamantina	643796	7983834	1296	18,90
83635	Divinopolis	513584	7769701	788	21,77
83338	Espinosa	736666	8350459	570	24,80
83379	Formosa	250088	8280584	935	22,89
83630	Franca	253996	7722552	1026	21,44
83632	Ibirite	599372	7787130	815	21,33
83395	Janauba	683160	8252443	516	25,14
83386	Januaria	607284	8291652	474	24,57
83481	Joao Pinheiro	375947	8039300	760	23,78
83452	Juramento	642818	8145406	648	22,64
83687	Lavras	500000	7594844	919	20,69
83683	Machado	402753	7602297	873	20,38
83437	Montes Claros	623689	8155485	652	23,62
83479	Paracatu	300113	8092922	712	23,42
83531	Patos de Minas	349045	7952790	940	21,63
83483	Pirapora	509562	8081723	505	24,39
83570	Pompeu	500000	7875936	691	23,18
83441	Salinas	790892	8212551	471	24,19
83586	Sete Lagoas	578720	7848102	732	21,78
83428	Unai	299189	8190315	460	24,88

83642	Viçosa	722800	7702938	712	20,29
83344	Vitoria da Conquista	953214	8350665	875	20,27
83332	Posse	353184	8440790	826	24,52

O programa SGEM's (Stanford Geostatistical Modeling Software) é um *software* estatístico de código aberto, destinado à análise geoestatística, visando a solução e análise de variáveis espacialmente relacionadas. Foi desenvolvido na *Stanford University*, que o define como sendo o primeiro software a fornecer algoritmos para estatísticas de múltiplos pontos. Pittelkow (2015).

Por meio deste programa, utilizou-se do recurso metodológico do semivariograma/variograma relativo aos dados de temperatura média anual média referente à série histórica adotada. O semivariograma ou variograma foi a ferramenta básica, pois permitiu analisar quantitativamente a variação do fenômeno.

As propriedades típicas de um variograma analisadas foram: alcance (a); efeito pepita (C0); variância estrutural (C) e patamar (C0 + C). Destaca-se que se utilizou das 38 estações meteorológicas para geração do modelo.

A função variograma, denominada $2\gamma(h)$, é definida, conforme Journel et.al. (1978); Santos et. al. (2014) com a esperança matemática do quadrado da diferença entre pares de pontos separados por uma distância h :

Como consequência, define a função semivariograma como sendo a metade da função variograma, ou seja:

Onde:

$\gamma^*(h)$ = valor experimental do semivariograma para o intervalo da distância h ;

$N(h)$ = número de pares de pontos amostrais separados pela distância maior de h

$z(x_i)$ = valor da variável de interesse em um ponto amostral x_i $z(x_i+h)$ = valor da variável de interesse no ponto amostral x_i+h .

Foram utilizados nesta pesquisa quatro variações de modelos teóricos de variogramas para a série de dados, diferenciando-os em relação valor de h . Este parâmetro, ao ser alterado, resulta em diferentes valores no alcance, efeito pepita, variância estrutural e patamar.

O critério utilizado para avaliação do melhor modelo de semivariograma baseou-se na aplicação da técnica de Validação Cruzada. Segundo Andriotti (2002), ela consiste em retirar um ponto do conjunto de dados e estimá-lo pela krigagem como se ele não existisse. Repetir o procedimento com cada um dos pontos amostrais e comparar os pontos conhecidos com os estimados.

Comparou-se os resultados das médias e variâncias da Validação Cruzada, calculou-se os coeficientes de correlação dos dados estimados em relação aos dados reais assim como o erro médio quadrático de cada modelo. Tal comparação tem finalidade qualitativa e não quantitativa, sendo apenas utilizada para comparar os modelos de variograma e assim, definir o melhor parâmetro para interpolação.

Após verificar a dependência espacial da amostra através dos semivariogramas e definir qual modelo apresentou melhor ajuste em relação aos dados, foi possível aplicar a técnica de krigagem. Estimativas geoestatísticas são muitas vezes superiores aos demais métodos de interpolação justamente pela utilização da função variograma, que depende da existência ou não do efeito pepita, da amplitude e da presença de anisotropia. (Alvares,2011; Wanderley et al., 2012; Yamamoto et al., 2013).

Foi selecionada para esta pesquisa a Krigagem Ordinária, por ser o método mais utilizado devido a sua simplicidade e os resultados que proporciona. Estimou-se valores de temperatura para os locais não amostrados dentro da área de análise, ao qual adotou-se os parâmetros obtidos através do semivariograma.

Conforme Goovaerts (1997); Kim et. al. (2004) o valor previsto, kriging estimador $Z(u)$, é baseado na combinação de regressões lineares básicas definidas como:

Onde:

u e u_i = indicam respectivamente os vetores de localização para ponto de estimativa e pontos de dados vizinhos no número de pontos de dados, $n(u)$;

λ_i = são pesos de krigagem que são estimados como soluções do sistema de krigagem para minimizar a variância do estimador;

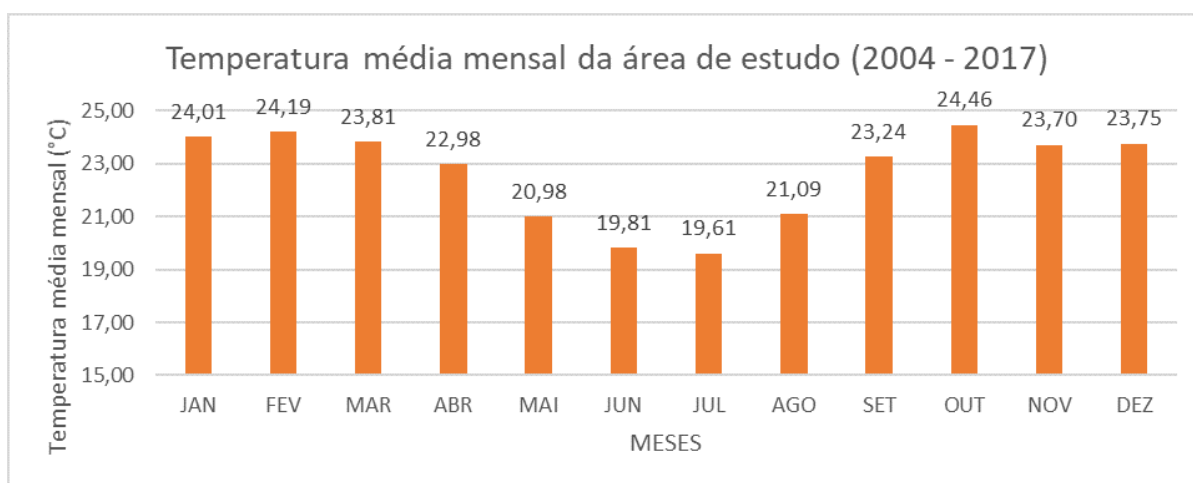
Os parâmetros utilizados na krigagem, aplicada sobre os valores de temperatura anual média das 38 estações pluviométricas, foram definidos a partir do semivariograma adotado. O dado matricial referente ao resultado da interpolação foi exportado em formato de texto (.csv) e convertido em formato de tabela para carregamento no programa SIG ArcGis 10.2.2. em formato vetorial.

No ArcGIS, o dado importado em formato vetorial foi recortado (delimitado) dentro do perímetro da área de estudo, sendo possível a partir das ferramentas disponíveis do programa, determinar os valores estatísticos resultantes da Krigagem. Também, confeccionou-se o Mapa da Temperatura Anual Média da bacia do Rio São Francisco dentro do estado de Minas Gerais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área objeto deste estudo, ou seja, a bacia hidrográfica do alto e médio rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais, a compilação dos dados de temperatura no período histórico de 2004 a 2017 proporcionou a obtenção de valores de temperatura média mensal. As médias variaram entre um valor mínimo de 19,61°C no mês de julho e 24,46°C no mês de outubro, cuja variação temporal é demonstrada no Gráfico 1 (INMET, 2018).

Gráfico 1: Temperatura média mensal da área de estudo (2004 - 2017).



O quadro 2 apresenta o sumário da estatística exploratória dos dados das médias dos totais anuais de temperatura. A amostra representada por 38 dados de temperatura (médias anuais), apresentou valores que variam de 18,5°C a 26,6°C, média de 22,61°C, desvio padrão de 1,90 e variância de 3,61. O coeficiente de Skewness, com valor negativo mas próximo de zero, indica assimetria negativa com valores abaixo e não tão distantes da média. A curtose, com valor negativo, platicúrtica, indica que a forma da distribuição é mais “achatada” que a distribuição normal.

Quadro 2: Estatística descritiva dos dados originais e do resultado da krigagem (médias anuais de temperatura °C).

Estatística exploratória		Temperatura média anual (°C) - Dados das estações meteorológicas	Temperatura média anual (°C) - Dados da Krigagem
Medidas de tendência central	Média	22,61	22,91
	Mediana	22,20	23,10
	Moda	22,46	24,67
Medidas de dispersão	Mínimo	18,5	19,47
	Máximo	26,6	25,65
	Amplitude	8,1	6,18
	Variância	3,61	2,76
	Desvio padrão	1,90	1,66
	Quantil 25%	21,35	21,29
	Quantil 75%	24,24	24,55
Medidas de distribuição	Skewness	-0,04	-0,14
	Curtose	-0,57	-1,41

Foi aplicado o teste normalidade de Kolmogorov-Smirnov com nível de significância de 95%, onde $p > 0,05$, aceita-se a hipótese nula H_0 , ou seja, os dados da variável estudada se originam de uma distribuição normal ou nível de significância e de outro modo, $p < 0,05$, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese alternativa H_1 . O resultado do teste foi $p = 0,682 > 0,05$, aceita-se a hipótese nula e conclui-se que os da variável temperatura se originam de uma distribuição normal .

Foram testados semivariogramas com valores h iguais a 20, 30, 40 e 60 km, ao qual foi atribuída característica isotrópica ao fenômeno. Dos semivariogramas testados por meio da Validação Cruzada (Quadro 3 e Figura 3), o de número 4 retornou os melhores resultados com média do erro de $0,07^\circ\text{C}$ e coeficiente de correlação de 0,71, relativo aos dados estimados em relação aos dados originais. O alcance variográfico estimado foi de 315 Km.

Quadro 3: Estatística descritiva dos dados originais e do resultado da krigagem (médias dos totais anuais de temperatura °C).

PARÂMETROS DO SEMIVARIOGRAMA	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
NÚMERO DE LAGS	44	30	22	15
LAG SEPARATION (ESPAÇAMENTO)	20000	30000	40000	60000
LAG TOLERANCE (TOLERÂNCIA)	10000	15000	20000	30000
ISOTROPIA/ANISOTROPIA	ISOTRÓPICO	ISOTRÓPICO	ISOTRÓPICO	ISOTRÓPICO

BANDWIDTH (LARGURA DA BANDA)	100000	100000	100000	100000
NUGGET (EFEITO PEPITA)	0,2	0,2	0	0,3
SILL (PATAMAR)	2	2	2,4	2,5
TYPE (MODELO)	GAUSSIAN	SPHERICAL	SPHERICAL	GAUSSIAN
RANGE (AMPLITUDE)	184800	270000	308000	315000
RESULTADOS DA VALIDAÇÃO CRUZADA	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
MÉDIA	21,4658	22,6545	22,6785	22,658
DIFERENÇA EM RELAÇÃO AO DADO BRUTO	-1,1447	0,044	0,068	0,0475
VARIÂNCIA	27,8175	2,12322	2,35309	2,80689
DIFERENÇA EM RELAÇÃO AO DADO BRUTO	24,21004	-1,48424	-1,25437	-0,80057
ERRO MÉDIO QUADRÁTICO	28,20	1,70	1,72	1,84
VARIÂNCIA DO ERRO	26,88	1,69	1,71	1,83
DIFERENÇA	1,33	0,00	0,01	0,00
SCATERPLOT REAL x XVAL	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
COEF. CORREL	0,225125	0,721521	0,722655	0,71357
SPEARMAN	0,72114	0,636808	0,646515	0,698709

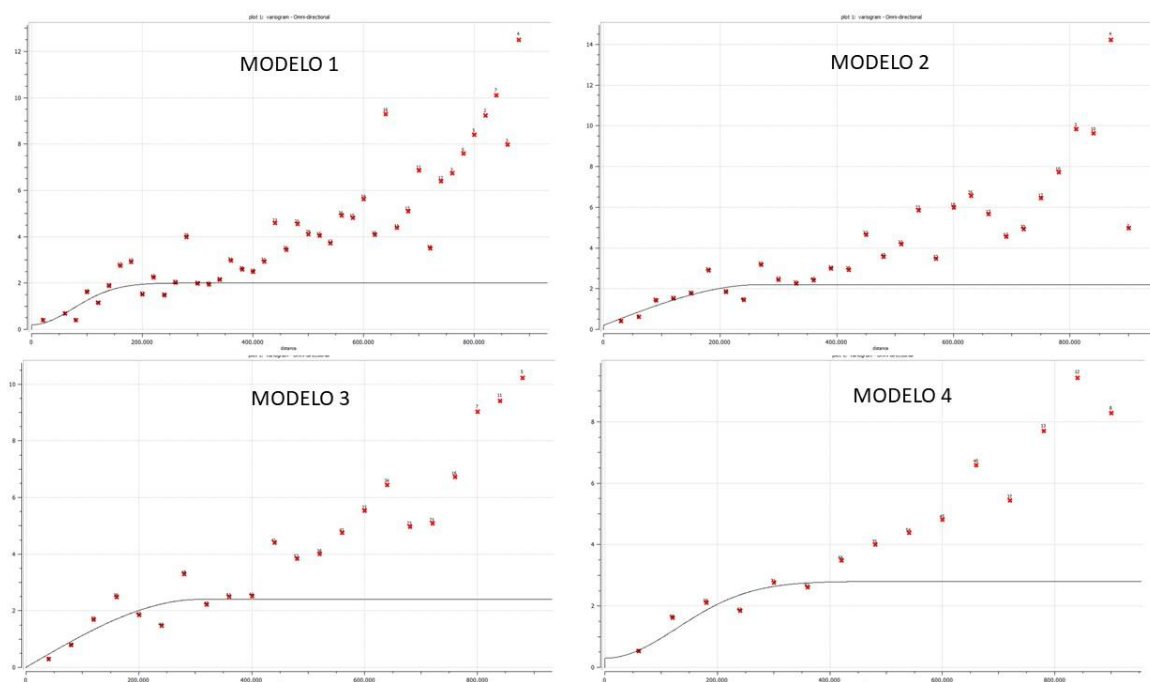


Figura 3: Modelos testados de semivariogramas.

A etapa final consistiu na importação dos dados resultantes do processo de krigagem pelo software ArcGIS, onde foi possível confeccionar o mapa representativo do comportamento espacial da temperatura (Figura 4).

A interpolação foi desenvolvida sobre uma malha regular (grid) de dimensão de 540x759 Km e células de 10x10 Km.

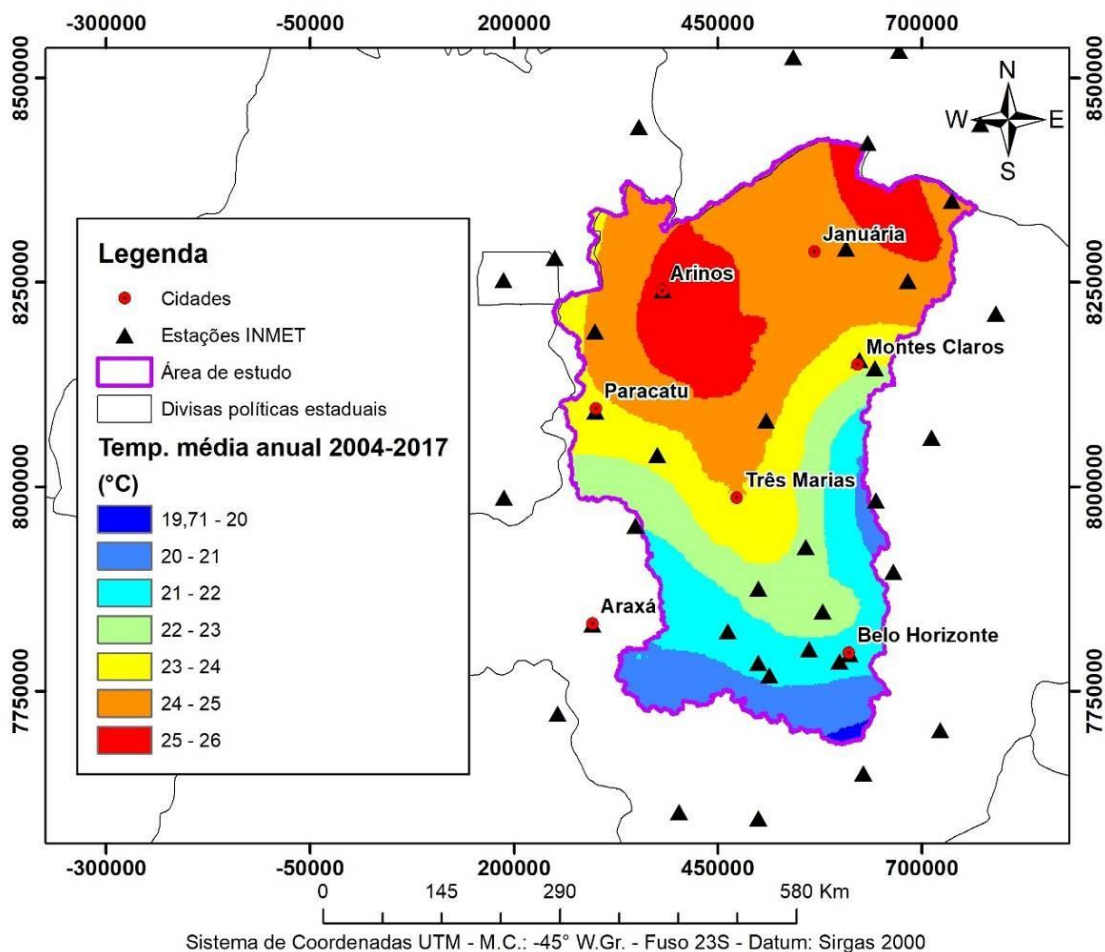


Figura 4: Mapa da Temperatura Anual Média da área de estudo obtido pela técnica da Krigagem.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A análise da continuidade espacial do fenômeno de temperatura representa um método de grande relevância no contexto dos estudos climatológicos e principalmente, no processo de estimativa em regiões onde não há registros primários de dados meteorológicos. Neste cenário, a geoestatística demonstra-se bastante eficiente na aplicação de análise espacial sobre amostras de dados de diversos fenômenos.

O processo de krigagem permite estimar valores para áreas onde não há dados, aos quais é possível adequar parâmetros específicos para o fenômeno analisado. O programa SGEMS enquadra-se como uma ferramenta de grande utilidade, ao qual é possível gerar semivariogramas cujos resultados modelam o processo de interpolação e geração de estimativas de valores, ou seja, a krigagem. No caso da temperatura, esse processo de estimativa é determinado em função da quantidade e distribuição espacial dos pontos de amostra (estações pluviométricas).

A bacia do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais apresenta relevante heterogeneidade em relação à distribuição espacial de temperatura, com menores valores ao sul e região central e maiores valores ao norte, enquadrando-se como uma área de estudo representativa na aplicação da análise da continuidade espacial do fenômeno de temperatura.

Ressalta-se finalmente a importância de estudos que objetivam melhorar os processos de estimativa, visto que sua aplicação de forma eficiente vem a suprir os “vazios” de informações resultantes do número reduzido de estações meteorológicas no Brasil.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, n. 22, v. 6, 711-728, 2013.

ANDRIOTTI JLS. **Notas de geostatística**. Acta Geologica Leopodensia 2002; 24(55): 3-14

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 2a. ed. Rio de Janeiro, Bertrand do Brasil, 2011.

BAÚ, A.L.; GOMES, B.M.; QUEIROZ, M.M.F. de.; OPAZO, M.A.U.; SAMPAIO, S.C. Comportamento espacial da temperatura pluvial mensal provável da mesorregião oeste do Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n .2, p. 150-168, abril-junho, 2006.

CARAM, R. de O. **Reconstrução de séries e análise geostatística da temperatura no Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CARVALHO, J.R.P. de; VIEIRA, S.R. **Validação de modelos geostatísticos usando teste de Filliben: aplicação em agroclimatologia**. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**. Comunicado Técnico, 4 p., 2004.

GOOVAERTS, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York, Oxford University Press, 1997. 483p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 09 de novembro de 2018.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1978.

KIM, K.R. et. al. Kriging interpolation method for laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) analysis of Zn in various soils. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**. 01 January 2014, Issue 1

MELLO, J.M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. Tese (Doutor em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, 2004.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T.M.N. Análise Estatística e Geoestatística da Temperatura Média para o Município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, 229-239, 2016.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206p

MOTA, V. C.; **Metodologia geoestatística para caracterizar a variabilidade temporal de elementos climáticos de Juiz de Fora**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, UFLA 2008, 111 p.

MOULIN, G.D.. **Técnicas de entropia e de geoestatística no dimensionamento de redes pluviométricas**. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

PITTELKOW, G.C. **Uso de simulação sequencial para espacialização do fenômeno da estiagem no RS**. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado no Curso Técnico em Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria/RS/Brasil, 2015.

SANTOS, Paulo Cerqueira dos et al . Estimção volumétrica de resíduos lenhosos de madeira em uma floresta tropical através da Krigagem Ordinária, Paragominas, Estado do Pará. **Ciênc. Florest., Santa Maria** , v. 24, n. 4, p. 959-968, Dec. 2014 . Available from<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982014000400959&lng=en&nrm=iso>. access on 12 July 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142404015>.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed.; 2. reimpr. – Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001.

YAMAMOTO, J., & Landim, P. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações** São Paulo, Oficina de Textos. (2013)

WANDERLEY, H.S.; AMORIM, R.F.C.; CARVALHO, F.O. de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados meteorológicos para o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 347-354, 2012.

ESTUDO DE CASO DE UM ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO DA PRODUTIVIDADE CLIMÁTICA (ZARPRO)

JOSE EDUARDO BOFFINO DE ALMEIDA MONTEIRO¹; Santiago Viana Cuadra¹; Gilberto Rocca da Cunha²; Luis Gustavo Barioni¹; Alan Massaru Nakai¹
Autor para correspondência: eduardo.monteiro@embrapa.br

¹Embrapa Informática Agropecuária; ²Embrapa Trigo

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar um caso de zoneamento agrícola de risco da produtividade climática para três níveis de produtividade esperada, utilizando como exemplos a cultura da soja na região sul do Brasil. Foram selecionadas três séries de produtividade municipal com médias e desvio padrão distintos. Foi utilizado um modelo de produtividade para se estimar as produtividades a partir de uma série de dados meteorológicos de 30 anos, e determinação da distribuição de frequências e riscos associados a três níveis de produtividade esperada (Pe) em cada município. A avaliação do risco espacializado foi feita com base nas disponibilidades hídricas correspondentes às Pe selecionadas. Os resultados demonstraram que o risco quantificado variou de 5% a 76% em função do local e de 26% a 76% em função da Pe. As avaliações do risco agroclimático devem ser específicas para produtividades esperadas condizentes com cada ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: zoneamento; risco; produtividade

A CASE STUDY OF AN AGRICULTURAL ZONING OF CLIMATE YIELD RISK (ZARPRO)

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate a case of an agricultural zoning of climate yield risk for three levels of expected yield, using as examples the soybean crop in the southern region of Brazil. Three series of municipal yield were selected with different mean and standard deviation. A yield model was used to estimate yields from a series of 30 year meteorological data, and to determine the distribution of frequencies and risks associated with three levels of expected yields (Pe) in each municipality. The spatialized risk assessment was based on the water availability corresponding to selected yields. The results showed that the quantified risk ranged from 5% to 76% depending on the site and from 26% to 76% as a function of the Pe. Agroclimatic risk assessments should be specific to expected yields consistent with each environment.

KEY-WORDS: zoning; risk; yield

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade de elevado risco e significativa incerteza. Tais riscos decorrem da instabilidade climática, ocorrências sanitárias e oscilações do mercado (GUIMARÃES; NOGUEIRA 2009). Estudo recente apoiado pelo Banco Mundial indica que o Brasil perde, anualmente, mais de R\$ 11 bilhões devido a riscos que poderiam ser geridos de forma mais eficaz (ARIAS; MENDES; ABEL 2015). Em muitas regiões do globo, mais de 60% da variabilidade e risco de produção agrícola são causados pela

variabilidade climática (RAY et al., 2015), já que os agricultores exercem pouco ou nenhum controle sobre fenômenos naturais como secas, geadas, onda de calor, vendavais e granizo (MONTEIRO, 2009).

Muitos modelos foram desenvolvidos para simular o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas considerando diferentes parâmetros e níveis de complexidade. CHALLINOR et al. (2007) discutiram várias abordagens utilizadas, com maior ou menor número de processos especificados ou puramente empíricos. Dentre esses modelos, os incorporados nas plataformas Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia (DSSAT) e Simulador de Sistemas de Produção Agrícola (APSIM) são amplamente estudados em todo o mundo (KNÖRZER et al., 2011). No entanto, a maioria dos métodos demanda dados e parametrizações que não são facilmente obtidas (ZHAO et al., 2014), especialmente para áreas grandes e heterogêneas (REIDSMA et al., 2009).

Os modelos baseados incorporados nessas plataformas simulam o desenvolvimento das culturas com base nas condições meteorológicas, nas propriedades físicas e químicas do solo, nos coeficientes específicos de cultivares e nas práticas de manejo. Nesse contexto, quando bem parametrizados, são muito úteis para orientar os produtores no planejamento e tomada decisões, de práticas de manejo, assim como auxiliar a o planejamento no nível regional ou nacional, por exemplo, através, das avaliações dos impactos da variabilidade climática na produtividade das culturas; podendo, portanto, auxiliar o setor público na operacionalização de políticas agrícolas e ações de segurança alimentar (HANSEN, 2005). O conceito de “produtividade climática” tem sido frequentemente empregado em estudos agrônômicos, especialmente naqueles envolvendo temas como modelagem de culturas, agrometeorologia ou mudanças climáticas, sempre que é necessário medir ou avaliar a produtividade exclusivamente em função das variáveis meteorológicas, em situações reais ou hipotéticas, em que os demais fatores de produtividade são secundários ou então constantes (SUPIT et al., 2010; IRMAK, KUKAL, 2018). Esta é uma abordagem útil para se estudar os efeitos das condições do tempo e clima na produtividade sem ter que tratar interações complexas com outros fatores.

De acordo com SANTOS e MARTINS (2016), o desenvolvimento agrícola colaborou para a redução dos riscos, que passaram não apenas a ser presumidos, mas quantificados a partir de cálculos probabilísticos, sobretudo graças à inauguração do que se convencionou denominar agricultura moderna, com a contribuição da ciência e da incorporação da alta tecnologia no campo. Um exemplo de ferramenta técnico-científica que integra esse contexto é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), usado para apoiar os programas de mitigação dos riscos de perdas na agricultura brasileira, o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR).

O Zarc em uso desde a década de 1990 para definir regiões e datas de semeadura conforme níveis de risco, gerou grandes economias ao Proagro e ao setor produtivo em geral, devido a redução das perdas. Entre 1996 e 1998 quando o ZARC era opcional nos contratos do Proagro, o índice médio de perdas foi de 11,5% nos contratos sem ZARC e de 2,73% nos contratos com ZARC (PROAGRO, 1998).

Nos contratos do Proagro e na maioria dos seguros rurais, as indenizações são calculadas com base na redução na produtividade observada em relação à produtividade esperada. Assim, é preciso considerar que a grande variabilidade espacial nas condições do solo, nos sistemas de produção e níveis de manejo resultam em grandes diferenciais de produtividade. Logo, é necessário isolar perdas provocadas por eventuais eventos meteorológicos adversos (sinistros climáticos) dos outros fatores de produção e quantificar os riscos para diferentes níveis de produtividade esperada. Isso seria fundamental para a formatação de contratos (preço x risco) mais adequados a cada caso ou região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso de zoneamento agrícola de risco da produtividade climática, considerando três níveis de produtividade esperada e utilizando como caso a cultura da soja na região sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas três séries de produtividade municipal da soja estimadas pelo IBGE, entre os anos de 2001 e 2017, para os municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul. Foi removida a tendência tecnológica das séries pela subtração dos desvios em relação a tendência linear ajustada por regressão.

Os dados de produtividade do IBGE foram utilizados para a calibração do modelo da Produtividade Potencial Tecnológica, conforme descrito em MONTEIRO et al. (2013). Esse modelo se baseia no histórico de produtividade e disponibilidade hídrica de um local para determinação da produtividade atingível e da resposta da cultura para a estimativa da produtividade real ano a ano. Assim, foi determinada para essas localidades a relação entre a produtividade e o índice de satisfação das necessidades hídricas (ISNA). Foi este estudo de caso, foi considerada uma data média de plantio, no primeiro decêndio de novembro.

A partir do modelo ajustado, foi determinada a série de produtividade de 30 anos com base nas séries de dados meteorológicos considerando as estações localizadas nos municípios ou mais próximas destes, gerando uma série de produtividade histórica. A partir da série histórica do rendimento estimados pelo modelo, foi realizada uma análise de distribuição de frequência das produtividades nos três municípios e ajustado um modelo de distribuição Beta, a fim de permitir o cálculo das frequências ou probabilidades associadas a cada nível de produtividade esperada.

A partir do modelo calibrado foram identificados os ISNAs correspondentes às produtividades de 1,0, 1,5 e 2,0 toneladas de grãos por hectare que, posteriormente, serviram de referência para a espacialização e zoneamento de risco nas classes de até 20%, 21 a 30%, 31 a 40% e maior que 40%, conforme adotado atualmente pelo Proagro e PSR.

O zoneamento de risco foi gerado nos sistemas MAIRA, de processamento, e MICURA, de visualização e análise de resultados espacializados, mantidos pela Embrapa Informática Agropecuária e atualmente em uso para as avaliações de risco climáticos utilizadas no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Foi adotado como exemplo um cenário utilizando cultivar de ciclo médio, com cerca de 120 dias entre emergência e colheita, e solo de média capacidade de armazenamento hídrico com 50mm de água disponível na zona radicular efetiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul foram escolhidos por estarem situados em condições distintas de favorabilidade e risco climático, e também por apresentarem produtividades diversas. Irineópolis apresenta produtividades em geral mais elevadas e mais estáveis, com média de 3,3 t/ha e desvio padrão de 0,4 t/ha (figuras 1 e 2).

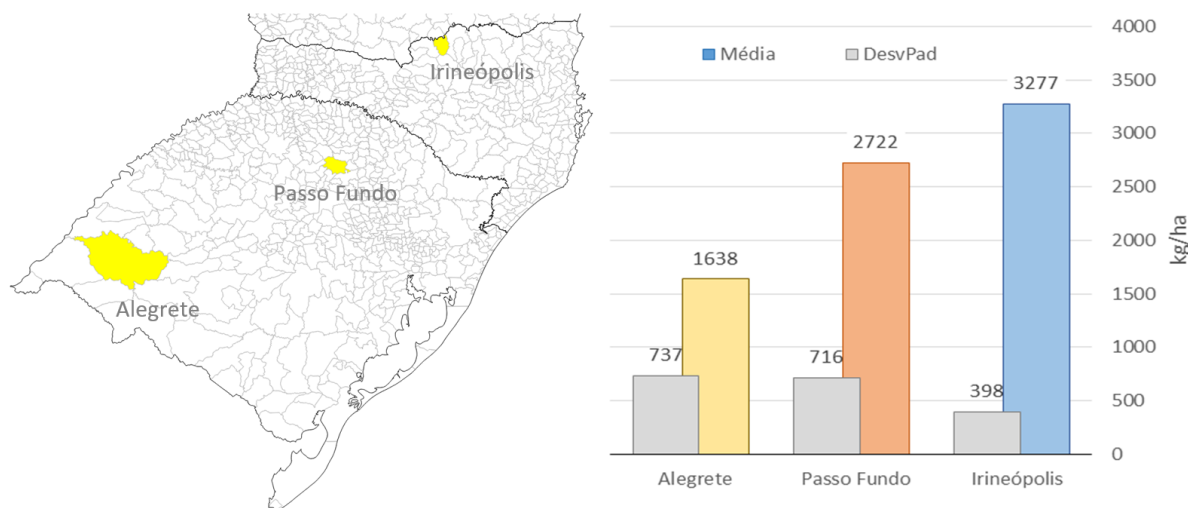


Figura 1

Figura 1: Localização e produtividades médias de soja e desvio padrão entre 2001 e 2017 dos municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul.

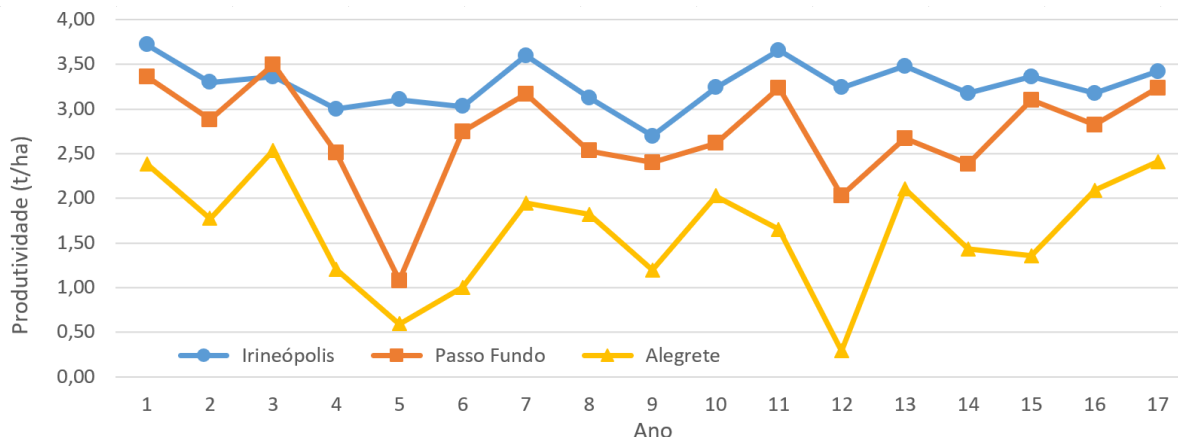


Figura 2

Figura 2: Produtividades municipais de soja entre 2001 e 2017, com tendência removida, nos municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul.

Passo Fundo apresenta produtividades um pouco mais baixas e menos estáveis, com média de 2,7 t/ha e desvio padrão de 0,7 t/ha. Alegrete apresenta uma a série de produtividades mais baixas e grande variabilidade, com média de 1,6 t/ha e desvio padrão de 0,7 t/ha.

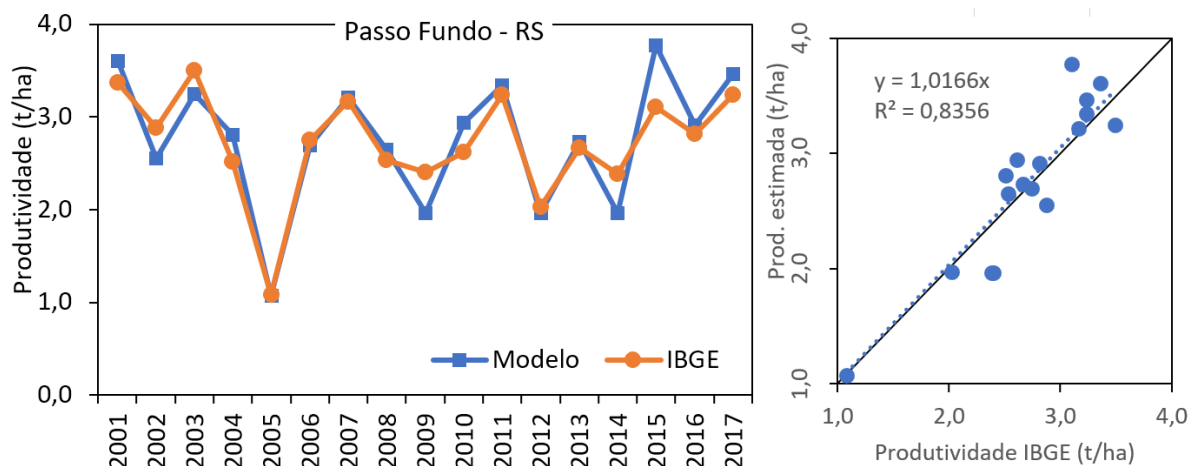


Figura 3

Figura 3: Séries de produtividade de soja entre 2001 e 2017 levantadas pelo IBGE, com tendência removida, e séries de produtividade estimadas pelo modelo de produtividade baseado em disponibilidade hídrica.

O modelo de produtividade apresentou desempenho satisfatório para este estudo de caso, nas localidades selecionadas e com erro médio de 220 kg/ha e coeficiente de determinação de 0,83 no município de Passo Fundo (figura 3).

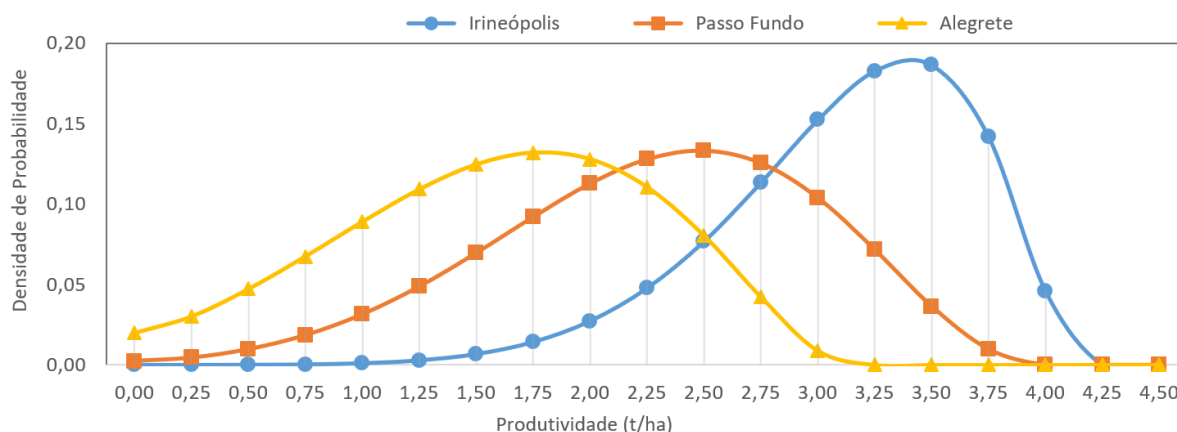


Figura 4

Figura 4: Distribuição Beta de frequência ajustada das séries de produtividade de soja entre 2001 e 2017, nos municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul.

Importante ressaltar, porém, que o modelo foi utilizado apenas para determinação dos ISNAs associados aos três níveis de produtividade, para posterior avaliação dos riscos ou probabilidades dos ISNAs correspondentes às produtividades esperadas pela ferramenta de risco hídrico (ISNA) do sistema MAIRA. Fixada a data de semeadura utilizada no exemplo, grupo de cultivar e solo, os demais fatores climáticos relevantes à produtividade se tornam secundários já que estes são relativamente constantes para um mesmo local e data.

Tanto as séries de produtividade de 2001 a 2011 como a distribuição de frequência ajustada (Figura 4) permitem identificar as claras diferenças existentes entre as localidades tanto em relação às médias como e, principalmente, com a variabilidade interanual, que é um conceito diretamente relacionado ao risco da cultura em cada município. Alegrete, por exemplo, apresenta uma curva de distribuição mais ampla, enquanto Irineópolis uma distribuição mais concentrada em torno da média.

Se admitirmos uma área de soja em cada uma das regiões, produzindo exatamente como a média do seu município, e tomando como exemplo uma produtividade esperada (P_e) de 1,0 toneladas por hectare, então, em cada município, a probabilidade ou risco de não se atingir esse valor seriam de 26% em Alegrete, 7% em Passo Fundo e 0,2% em Irineópolis (Quadro 1).

Nesse caso, para essa P_e de 1,9 toneladas por hectare, conforme as faixas de risco do ZARC hoje aceitas nos programas Proagro e PSR, de até 20%, 21 a 30% e 31 a 40%, e considerando uma cultivar de ciclo médio ou GMR 6.0 e um solo médio nos três municípios, então Alegrete seria classificado na faixa 2 de risco e Irineópolis e Passo Fundo na faixa 1. Ou seja, na prática, todos os municípios apresentariam épocas viáveis de plantio (quadro 1 e figura 5).

Por outro lado, ao elevar a P_e para 1,5 toneladas por hectare, os riscos aumentam para 50% em Alegrete, 19% em Passo Fundo e 1% em Irineópolis (Figura 4). Ou seja, Alegrete excederia o nível máximo de risco aceito e não poderia realizar contratos via Proagro ou PSR, nas condições do exemplo. Passo Fundo e Irineópolis ainda estariam na faixa 1 de baixo risco.

Município	Níveis de Produtividade Esperada (t/ha)				
	< 1,0	< 1,5	< 2,0	< 2,5	< 3,0
Irineópolis	0,2	1%	5%	18%	44%
Passo Fundo	7%	19%	39%	65%	88%
Alegrete	26%	50%	76%	95%	99%

Quadro 1: Probabilidades ajustadas de ocorrência de produtividades abaixo da esperada, nos municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul.

É interessante ressaltar que essa P_e corresponde ao ISNA utilizado até 2018 para caracterização de risco hídrico do ZARC da soja nessa região. E, portanto, até aquele ano o mapa do ZARC correspondia exatamente ao do P_e 1,5 t/ha da Figura 5. Em 2018, porém, o referencial de ISNA que era fixo ao longo da época de plantio foi atualizado para um ISNA variável corrigido pela variação do potencial produtivo em diferentes datas, resultando em um critério mais proporcional à produtividade e mais adequado à realidade da cultura naquele local.

Se for considerada uma P_e de 2,0 t/ha, então a probabilidade ou risco de não se atingir o valor esperado seriam de 76% em Alegrete, 39% em Passo Fundo e 5% em Irineópolis. Passo Fundo ainda estaria enquadrado, mas no limite, quase fora da faixa de mais alto risco (31 a 40%) e Irineópolis continuaria dentro da faixa de baixo risco, até 20%.

Uma abordagem alternativa ao ZARC de milho baseada na modelagem da produtividade da cultura foi proposta em PAIXÃO et al. (2016), indicando os locais e épocas de semeadura que resultassem em produtividade esperada média de pelo menos 60% da máxima produtividade obtida. Portanto, este tipo de indicador está baseado na média da produtividade verificada em cada local x época, e não incorpora o componente da variabilidade ou de uma análise de probabilidades de se alcançar determinada produtividade esperada (P_e).

Não se pode, à priori, definir se as diferenças entre os três municípios decorrem unicamente por fatores ambientais, como os edáficos e climáticos, ou se o nível tecnológico e de manejo utilizado em cada local já são condicionados pelo próprio potencial ambiental. Conforme analisado por SANGOI et al (2003), a adoção de um determinado sistema de produção deve contemplar aspectos técnicos e econômicos. Assim, além da avaliação do potencial produtivo, é importante averiguar a viabilidade econômica de cada sistema nos dois ambientes. Essa, em última instância, influenciará a escolha do nível de manejo e do tipo de cultivar mais adequado para cada situação. Portanto, é muito provável que a cultura da soja em cada local já seja a resultante de um processo gradual de adaptação e ajustes dos sistemas de produção local ao potencial do ambiente. Nem sempre isso é totalmente correto, já que é comum se observar em certas regiões, um “*yield gap*” acentuado, indicando que o manejo ainda pode ser ajustado para explorar melhor o potencial produtivo local.

No entanto, retomando o argumento de SANGOI et al (2003) de que os respectivos sistemas de produção já estariam adequados ao potencial ambiental, então faria mais sentido uma avaliação de riscos ajustada ao potencial desses locais, e não utilizar um referencial único para locais com potenciais diferentes. Em outras palavras, mesmo que um local apresente baixo potencial produtivo, se houver ali um sistema de produção sustentável, viável economicamente, deve-se buscar uma avaliação de risco baseada na frequência de safras em que a viabilidade econômica não se concretiza. Isso, obviamente, não depende da produção absoluta, mas da diferença entre receita e custo. Os dois casos, porém, podem ser identificados através da aplicação da modelagem dos resultados de produtividade em função do ambiente e manejo.

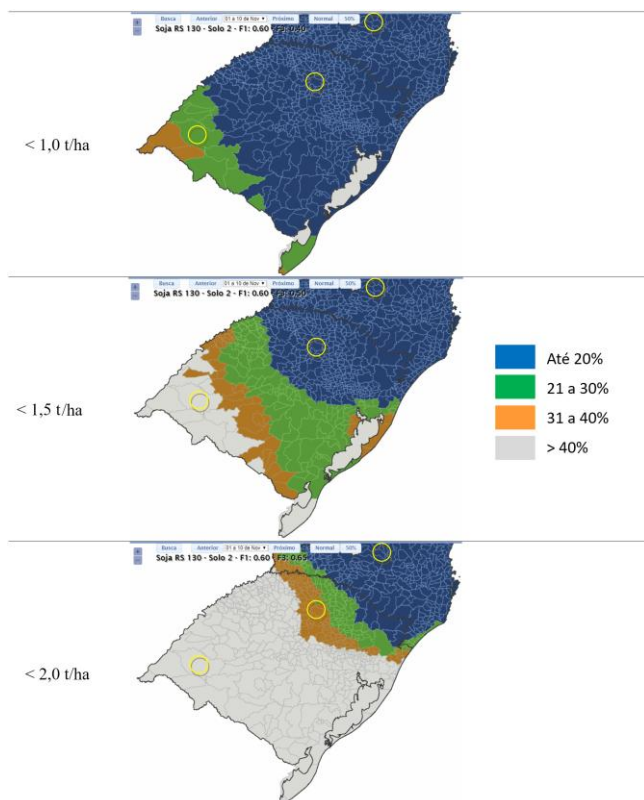


Figura 5

Figura 5: Zoneamento Agrícola de Risco da Produtividade Climática (ZARPro) da soja no extremo sul do Brasil com 3 níveis de produtividade esperada e classes de risco de até 20%, 21 a 30%, 31 a 40% e maior que 40%. Os municípios de Irineópolis em Santa Catarina, Passo Fundo e Alegrete no Rio Grande do Sul encontram-se destacados pelos círculos sobre o mapa.

Os estudos de zoneamento baseado em indicadores de produtividade como LI et al. (2016), PAIXÃO et al. (2016) e MULLER et al (2018), tem se baseado em estimativas especializadas das médias de produtividade potencial, atingível ou real. A análise da variabilidade temporal da produtividade e os riscos associados a diferentes níveis de produtividade esperada, conforme apresentamos neste estudo de caso ainda é uma abordagem pouco explorada.

Porém, um estudo recente no Brasil evoluiu nessa direção utilizando o SimulArroz (www.ufsm.br/simularroz/) (Rosa et al., 2015), um modelo ecofisiológico baseado em processos, para a avaliação da variabilidade e risco da produtividade climática. Nesse estudo, STEINMETZ et al. (2018), definiram um zoneamento agrícola de risco da produtividade climática (ZARCPPro) para o arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul, indicando os períodos de semeadura com menor risco climático em cada município do estado e para quatro grupos de cultivares. O risco é dado pela frequência ou probabilidade em que a produtividade estimada não supera 60% da produtividade de referência, que possui uma relação direta com a produtividade potencial da região. Os resultados foram agrupados de acordo com as faixas de risco de até 20%, 21 a 30%, 31 a 40% e maior que 40%, conforme utilizado pelo Proagro. Esses resultados, seguindo o mesmo formato do Zoneamento Agrícola de Risco Climático foram publicados pela Secretaria de Política Agrícola/MAPA, na Portaria nº 222, de 4 de setembro de 2018.

Por basear-se na estimativa de produtividade de grãos, a metodologia utilizada caracteriza um avanço em relação às utilizadas anteriormente para o zoneamento de risco climático, uma vez que o modelo empregado representa de forma mais detalhada e precisa as respostas da cultura às variações meteorológicas, principalmente quanto à duração do ciclo e ao potencial produtivo. Porém, vale ressaltar que esse ZARCPPro fixou um único referencial de produtividade para se manter dentro da estrutura atual do ZARC e ser publicado como tal, mas poderia ser ampliado considerando outras produtividades esperadas. Essa nova abordagem permite ajustar os retornos esperados, valores do prêmio do seguro, e as probabilidades de perdas às realidades das regiões produtoras ou aos diferentes produtores em uma mesma região. Isso

viabiliza o desenvolvimento de novos tipos de contrato de seguro rural e crédito, tanto governamentais quanto da iniciativa privada.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados demonstram que um Zoneamento de Risco para diferentes níveis de produtividade esperada permitiria um enquadramento mais preciso das diferentes regiões produtoras em categorias ou faixas de risco ao considerar uma maior amplitude de possibilidades de produtividade em de diferentes ambientes, sistemas de produção e níveis de manejo.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Embrapa e à Secretaria de política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARIAS, D.; MENDES, P.; ABEL, P. **Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil**. Brasília, DF: Banco Mundial, 2015. 76 p. il.

CHALLINOR, A.; WHEELER, T.; GARFORTH, C.; CRAUFURD, P.; KASSAM, A. Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change. **Climatic Change**, v.83, p.381-399, 2007. DOI: 10.1007/s10584-007-9249-0.

GUIMARAES, M. F.; NOGUEIRA, J. M. A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil? **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 27-58, Mar. 2009.

HANSEN, J.W. Integrating seasonal climate prediction and agricultural models for insights into agricultural practice. **Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences**, v.360, p.2037-2047, 2005.

KNÖRZER, H.; LAWES, R.; ROBERTSON, M.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; CLAUPEIN, W. Evaluation and performance of the APSIM crop growth model for german winter wheat, maize and fieldpea varieties in monocropping and intercropping systems. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.9, p.698-717, 2011.

KUKAL, M.S.; IRMAK, S. Climate-Driven Crop Yield and Yield Variability and Climate Change Impacts on the U.S. Great Plains Agricultural Production. **Scientific Reports**, v. 8, 2018. DOI:10.1038/s41598-018-21848-2

Li, Y.; Wu, H.; Shi, Z. Farmland productivity and its application in spatial zoning of agricultural production: a case study in Zhejiang province, China. **Environmental Earth Sciences**. v. 75, 2016. 10.1007/s12665-015-4887-4.

MONTEIRO, J.E.B.A. [org.] **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.: i

MONTEIRO, J.E.B.A.; ASSAD, E.D.; SENTELHAS, P. C.; AZEVEDO, L.C. Modeling of corn yield in Brazil as a function of meteorological conditions and technological level. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 52, n. 3, p. 137-148, 2017.

MULLER, A.S.; DOURADO NETO, D.; REICHARDT, K. et al. Soybean and Maize Zoning in West African Economic and Monetary Union—A simulation Approach. **Journal of Agricultural Science**; v. 10, n. 11, 2018.

PAIXÃO, J. S.; ANDRADE, C. L. T.; GARCIA Y GARCIA, A.; AMARAL, T. A.; STEIDLE NETO, A. J.; MARIN, F. R. An alternative approach to the actual Brazilian maize crop zoning. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.13, n.3, p. 347-363, 2014.

PROAGRO: **Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – relatório circunstanciado 1996 a 1998**. Brasília, DF: Banco Central do Brasil, 1998.

RAY, D.K.; GERBER, J.S.; MACDONALD, G.K.; WEST, P.C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, v. 6, n. 5989, 2015. doi:10.1038/ncomms6989

REIDSMA, P.; EWERT, F.; BOOGAARD, H.; DIEPEN, K.van. Regional crop modelling in Europe: the impact of climatic conditions and farm characteristics on maize yields. **Agricultural Systems**, v.100, p.51-60, 2009. DOI: 10.1016/j.agsy.2008.12.009.

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; CARLI, C. De.; RIBAS, G. G.; MARCHESAN, E. Simulação do crescimento e produtividade de arroz no Rio Grande do Sul pelo modelo SimulArroz. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1-9, dez. 2015.

SANGOI, L. et al . Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 33, n. 6, p. 1021-1029, Dec. 2003. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000600005>

SANTOS, W.G.; MARTINS, J.I.F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Política Agrícola**, Ano XXV, n. 3, 2016.

STEINMETZ, S.; CUADRA, S.V.; ALMEIDA, I.R. ET AL. Subtropical irrigated rice sowing periods based on simulated grain yield. **Agrometeoros**, v. 26, n.2, 2018

SUPIT, I.; DIEPEN, C.A.; DE WIT, A.J.W. et al. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. **Agricultural Systems**, v. 103, n. 9, p. 683-694, November 2010,

ZHAO, G.; BRYAN, B.A.; SONG, X. Sensitivity and uncertainty analysis of the APSIM-wheat model: interactions between cultivar, environmental, and management parameters. **Ecological Modeling**, v.279, p.1-11, 2014. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.02.003.

RESPOSTAS DOS CICLOS DE CULTURAS AGRÍCOLAS ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO BIOMA CERRADO

Aryeverton Fortes de Oliveira¹; Santiago Viana Cuadra¹; Daniel de Castro Victoria¹; José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro¹; Alan Massaru Nakai¹
Autor para correspondência: ary.fortes@embrapa.br

¹Embrapa Informática Agropecuária

RESUMO

O milho e a soja se estabelecem em condições de sequeiro nos cultivos do Cerrado. A intensificação sustentável de seus sistemas de produção é evidente, com crescimento das duas safras sucessivas praticadas na mesma na estação chuvosa, com escolha otimizada de variedades para aproveitamento das janelas de cultivo e com otimização de práticas de manejo. Escolhas estratégicas de cultivares, relacionadas com elementos estruturais das tecnologias otimizando fatores nos sistemas de produção, acentuam a importância dos condicionantes ambientais que, se modificados, levariam à redefinição de todo o equilíbrio técnico e econômico dos sistemas. Neste quadro de readequação, cultivares modificariam seu comportamento frente aos eventos meteorológicos impactados por tendências climáticas, notadamente com mudanças no tempo biológico de maturação provocadas por temperaturas crescentes na estação chuvosa, objeto de investigação deste trabalho. Ademais, a literatura recente alerta para o encurtamento do regime de chuvas por determinantes de mudanças climáticas e de desmatamento, cumprindo investigar as possibilidades de adaptação a este fenômeno. A exposição dos sistemas de produção às mudanças nas condições de risco e retorno produtivo, bem como o conhecimento de sua capacidade adaptativa, interferem em avaliações econômicas dentro e fora das porteiras. Deste trabalho espera-se evoluir a investigação sobre possibilidades de encurtamento dos ciclos das culturas, com mudanças no plantio ao início e na colheita ao final dos períodos chuvosos, através de práticas agrícolas ou de encurtamento do ciclo das culturas. Conclui-se que há possibilidade de encurtamento nos ciclos em resposta à elevações de temperatura, podendo amenizar a pressão sobre os sistemas de produção de dupla safra. Entretanto, esforços adicionais devem ser envidados para caracterização dos limites fisiológicos e dos ganhos e prejuízos em termos de potencial produtivo com tais estratégias. Programas de melhoramento e manejo devem ter em vista esta tendência, e promover melhorias na capacidade adaptativa das culturas de materiais precoces, para resiliência da dupla safra. Em casos de sua inviabilização, a melhoria de materiais para cultivo em ciclo único na estação chuvosa, explorando ganhos de produtividade, pode ser a melhor alternativa.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado; soja; milho safrinha

CHANGES IN CROP CYCLES IN RESPONSE TO CLIMATE IN CERRADO BIOME

ABSTRACT

Maize and soybeans are established in dry conditions in the Cerrado. The sustainable intensification of their production systems is evident, with growth of the two successive harvests in the same season in the rainy season, with an optimized choice of varieties for use in growing windows and optimization of management practices. Strategic choices of cultivars, related to structural elements of technologies optimizing factors in production systems, accentuate the importance of environmental constraints that, if modified, would lead to the redefinition of all the technical and economic balance of the systems. In this framework of adaptation, cultivars would modify their behavior against the climatic events impacted by climatic trends, especially with changes in the biological maturation time caused by increasing temperatures in the rainy season, the

object of investigation of this work. In addition, the recent literature warns the shortening of the rainfall regime by determinants of climate change and deforestation, fulfilling to investigate the possibilities of adaptation to this phenomenon. Exposure of production systems to changes in risk and return conditions, as well as knowledge of their adaptive capacity, interfere with economic assessments inside and outside the gates. From this work we hope to evolve the research on possibilities of shortening crop cycles, with changes in planting at the beginning and at the end of the rainy season, through agricultural practices or shortening of the crop cycle. It is concluded that there is a possibility of shortening in cycles in response to temperature rises, which may ease the pressure on dual crop production systems. However, additional efforts should be made to characterize the physiological limits and the gains and losses in terms of productive potential with such strategies. Improvement and management programs should take into account this trend, and promote improvements in the adaptive capacity of early crop materials for double crop resilience. In cases of its impossibility, the improvement of materials for single cycle cultivation in the rainy season, exploring productivity gains, may be the best alternative.

KEY-WORDS: Cerrado; soy; maize

INTRODUÇÃO

Tendências de aumento de temperatura impactam diretamente o comportamento de culturas agrícolas, e tal relação é objeto de estudo na literatura especializada. Streck e Alberto (2006) analisaram impactos em produtividade das culturas de milho, soja e trigo em Santa Maria, RS, percebendo que as culturas agrícolas podem se beneficiar do aumento de CO₂ na atmosfera e, no entanto, sofrer mais que proporcionalmente com efeitos negativos de elevações expressivas de temperaturas. As tendências de elevação nas temperaturas médias e a consequente alteração de riscos climáticos, notadamente os riscos associados com o déficit hídrico, sobre milho, soja e outras culturas foram investigados por autores como Pellegrino et al. (2007), sinalizando a elevação do risco em áreas de clima tropical no Brasil. Outros trabalhos deram continuidade a esses esforços seminais de modelagem, configurando uma literatura significativa sobre o tema.

Dadas condições ambientais e técnicas, depreende-se assim que mudanças climáticas alteram os riscos e retornos da produção de milho e soja. Além de prejuízos nos ciclos individuais, há que se considerar efeitos em sistemas integrados de duas safras. A janela ocupada pela safrinha de milho após a safra de soja têm sido objeto de atenção da pesquisa científica recente, como notícia Minas (2018). Modificações no regime de chuvas advindas do desflorestamento são apontadas por Costa e Pires (2009), que modelaram a integração entre clima e cobertura floresta, e encontraram efeitos climáticos do desmatamento na Amazônia e no Cerrado. Concluíram os autores que o desmatamento contribui para uma ampliação da estação seca de cinco para seis meses. Leite-Filho et al. (2019) indicam que o desmatamento tem provocado mudanças no ciclo hidrológico da Amazônia, defasando a precipitação no início da estação de 0,12–0,17 dias por ponto percentual de desmatamento. Afetadas probabilidades de ocorrência de chuvas no começo e no final da estação chuvosa, combinadas com elevações de temperaturas, espera-se uma pressão pelo encurtamento dos ciclos das culturas em sistemas de dupla safra. Tanto o plantio antecipado da soja quanto o enchimento de grãos de milho ficam comprometidos. Operações de replantio da soja e perdas de produtividade do milho podem impactar diretamente o retorno econômico dos sistemas em dupla safra. Cumpre, portanto, promover a discussão sobre a capacidade adaptativa dos sistemas de produção e cultivares.

Deixando de lado as complexas interações entre variáveis climáticas, solos, culturas e tecnologia de produção, o escopo do trabalho restringe-se à identificação de elementos promotores da capacidade adaptativa dos sistemas de produção e discutir alternativas. Limites fisiológicos e fenológicos das culturas são crítica na análise, e deve ser explorada no futuro. Partindo-se dessa referência, de medidas de temperatura no Cerrado brasileiro e de uma metodologia de análise de dados, os resultados apresentados neste trabalho pretendem estimular a discussão sobre a tendência de adaptação natural das culturas e dos sistemas de produção à eventuais pressões trazidas pelas mudanças climáticas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho é encontrar sinais de encurtamento dos ciclos induzidos das culturas agrícolas induzidos por mudanças em médias de temperatura no Cerrado brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A quantidade de graus-dia da semeadura até a maturidade fisiológica foi determinado por meio da equação $GDD = ([(T_{max} + T_{min})/2] - T_b)$. No caso do milho, dois cenários foram construídos, para perceber as variações dos ciclos ocasionadas por limitações fisiológicas no desenvolvimento da cultura. Em um primeiro cenário, o cálculo de graus dias foi acumulado diariamente sem limitação de mínimas e máximas. Em um segundo cenário, as temperaturas mínimas foram limitadas a 10°C e as máximas a 30°C.

A temperatura basal utilizada como referência para o milho foi de 10°C para o milho e 14° para a soja. As somas térmicas estabelecidas para a soja e o milho foram de 1700 graus dias acumulados, um parâmetro ad hoc, para gerar ciclos com comprimentos aproximados de 110 dias para o milho e 130 para a soja na região do Cerrado. A safra de milho sucede à da soja

Os dados climáticos foram obtidos de Xavier (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 1: Variação do número de dias dos ciclos das culturas: (a) milho, com graus dias acumulados para temperatura mínima maior que 10°C e máxima menor que 30°C; (b) milho, com graus dias acumulados sem restrição sobre temperaturas mínima e máxima; (c) soja, com graus dias acumulados sem restrição sobre temperaturas mínima e máxima.

No caso do milho, as figuras (a) e (b) mostram que em grande parte do cerrado não está claro que o ciclo do milho variou entre os períodos analisados. Se este período coincide com um período de desmatamento indutor de mudanças no ciclo das chuvas, não fica claro que há alteração na duração do ciclo da cultura compensando tal alteração, mesmo que não se considere limites térmicos limitando o acúmulo de graus-dias.

Os resultados (c) mostram que há uma tendência de redução do número de dias na safra de soja na maior parte do Cerrado brasileiro. Esses valores são significativos, e sugerem que o fator térmico pode estar estimulando a precocidade, e esta alteração pode ser persistente no futuro.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Tendo validade limitada aos aspectos fisiológicos afetados pela temperatura, mostrou-se que há um estímulo à redução dos ciclos da soja e do milho em sistemas de dupla safra no Cerrado. Elevações de temperatura média que devem atinjam a região podem estimular um encurtamento de ciclo das culturas e auxiliando, em certa medida, na adaptação das mesmas em sistemas de produção de dupla safra, mesmo diante de uma pressão de encurtamento do período chuvoso. Os resultados preliminares levam próximos passos da investigação tanto no sentido de estabelecer limites fisiológicos para parametrização adequada do ciclo das culturas quanto para investigação de recomendações de melhoria de sistemas de produção e cultivares, ampliando o desempenho agrônômico e assegurando a adaptação da produção à uma possível alteração da normalidade climática que ameace a produção de alimentos. No caso do milho, a resposta menos acentuada de redução do ciclo mostra que a segunda safra pode estar sob ameaça com a redução eventual do ciclo chuvoso e, nesse caso, sistemas de safra única, com cultivares adaptados para maior produtividade de soja ou de milho, pode ser uma alternativa importante.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

COSTA, Marcos Heil; PIRES, Gabrielle Ferreira. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. 13, p. 1970–1979, 2010.

LEITE-FILHO, Argemiro Teixeira; PONTES, Verônica Yameê de Sousa; COSTA, Marcos Heil. Effects of Deforestation on the Onset of the Rainy Season and the Duration of Dry Spells in Southern Amazonia. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 0, n. 0, 2019. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018JD029537>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

MINAS, Estado de. **Mudança climática ameaça as safras duplas**. Estado de Minas. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2018/08/27/interna_agropecuario,983685/mudanca-climatica-ameaca-as-safras-duplas.shtml>. Acesso em: 12 jun. 2019.

PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz; ASSAD, Eduardo Delgado; MARIN, Fábio Ricardo. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 139–162, 2007.

STRECK, Nereu Augusto; ALBERTO, Cleber Maus. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1351–1359, 2006.

CONTINUIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL – BRASIL, ENTRE 2004-2014

Eduardo Petrucci¹; Luiz Antônio de Oliveira¹
Autor para correspondência: eduardo11sp@hotmail.com

¹Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

A geoestatística permite conhecer e mensurar relações entre dados em pontos contínuos no espaço e no tempo, revelando o grau de dependência ou continuidade entre eles. Dito isso, o objetivo deste trabalho é analisar a continuidade espacial da precipitação anual do estado do Mato Grosso do Sul no período de 2004 a 2014. No total, foram utilizados dados anuais de 44 estações pluviométricas com dados satisfatórios, que compreende toda a extensão do referido estado, obtidos no portal Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA). O processamento geoestatístico foi feito no software SGEMs. No variograma experimental, a direção preferencial dos dados foi de 45° e os parâmetros de melhor ajuste aos dados foram: distância $h = 10$, tolerância de 5; nugget = 0; sill = 36.000; modelo gaussiano; alcance de 160 km; com média = 1.382,43 e variância = 35.660,6 dos valores observados. A validação do modelo experimental foi feita pelo método da validação cruzada, de modo que os valores validados possuíram média de 1.379,7 mm e variância de 36.659,3, com mínimo de 1.011 mm e máximo de 1.850,1 mm. Os erros variaram de -468,3 a 422,9, com média de -2,7, variância de 38.418,4 e desvio padrão de 196.

PALAVRAS-CHAVE: Continuidade Espacial; Mato Grosso do Sul; Geoestatística

ESPATIAL CONTINUITY OF PRECIPITATION IN THE STATE OF MATO GROSSO DO SUL – BRASIL, BETWEEN 2004-2014

ABSTRACT

Geostatistics allows us to know and measure relationships between data at continuous points in space and time, revealing the degree of dependence or continuity between them. The objective of this work is to analyze the spatial continuity of the annual precipitation of the state of Mato Grosso do Sul in the period from 2004 to 2014. In sum, we used annual data of 44 rainfall stations with satisfactory data, obtained from the Hidroweb portal of the National Water Agency (ANA). The geostatistical processing was done utilizing the SGEMs software. In the experimental variogram, the preferred direction of the data was 45 ° and the parameters that best fit the data were: distance $h = 10$, tolerance of 5; nugget = 0; sill = 36,000; Gaussian model; distance of 160 km; with mean = 1.382,43 and variance = 35.660,6 of the observed values. The validation of the experimental model was done by the cross-validation method, so that the validated values had a mean of 1.379,7 mm and a variance of 36.659,3, with a minimum of 1.011 mm and a maximum of 1.850,1 mm. The errors ranged from -468,3 to 422,9, with a mean of -2,7, a variance of 38.418,4 and a standard deviation of 196.

KEY-WORDS: Spatial Continuity; Mato Grosso do Sul; Geostatistics

INTRODUÇÃO

As principais características das precipitações, de acordo com Caram (2007), são: o volume pluviométrico precipitado, a intensidade do evento chuvoso, a frequência de ocorrência e a sazonalidade (temporal e espacial). Para que sejam realizadas essas estimações, é necessário dispor de uma base de dados pluviométricos consistente, para que possam ser aplicados métodos estatísticos com o objetivo de descrever e compreender a distribuição dos dados. A estatística é uma ciência que utiliza e extrai informações de dados, sendo que, a partir da coleta, organização, classificação, apresenta e interpreta dados para a compreensão de situações, de eventos ou fenômenos (NAGHETTINI E PINTO, 2007; PETRUCCI, 2018).

Com a aplicação de métodos estatísticos em estudos de climatologia é possível traduzir/transformar dados brutos em informações, de modo a substanciar pesquisas que servem de base para planejamentos diversos, muito importantes no processo de tomada de decisão dos gestores e administradores públicos. (LAMBERT et. al., 1998). A estatística aplicada a dados climatológicos permite analisar o comportamento de variáveis e estimar padrões, bem como verificar a sua variação ao longo do tempo e no espaço, verificando também a possibilidade da existência de tendências nas mudanças de comportamentos e de continuidade espacial/temporal.

Clark (1979) explica que os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de ferramentas para entender a uma aparente aleatoriedade dos dados, mas com possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial. Os fenômenos ambientais, assim como a precipitação, apresentam características de dependência espacial, de modo que, os métodos geoestatísticos permitem estimar a distância entre as amostras e o grau de dependência entre essas amostras. Para Bettini (2007), a geoestatística parte do pressuposto que os fenômenos ambientais (inclusive a precipitação) ocorridos estão relacionados, sendo, amostras próximas entre si tendem a ser mais semelhantes que amostras distantes entre si). A análise espacial de dados permite mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo. As operações matemáticas na análise espacial conduzem a modelos inferenciais que consideram o relacionamento espacial ou temporal do fenômeno.

Em uma região de análise, os dados podem estar regularmente ou irregularmente distribuídos, de modo a não cobrir ou não representar significativamente a região de estudos. Neste sentido, a partir de uma grade conhecida, a geoestatística permite estimar valores para pontos desprovidos de dados (CÂMARA ET AL., 2002).

Dentre os métodos geoestatísticos de interpolação, a Krigagem se destaca pois fornece uma estimação de valores para localidades desprovidas destes, dito isso, Camargo (1998) destaca:

O que diferencia a krigagem de outros métodos de interpolação é a estimação de uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância dos dados, a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado. Além disso, a krigagem também fornece estimadores exatos com propriedades de não tendenciosidade e eficiência (p. 1).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é analisar a continuidade espacial da precipitação, totais anuais, no estado do Mato Grosso do Sul, no período de 2004 a 2014, utilizando-se de técnicas geoestatísticas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados diários de precipitação foram obtidos no site da Agência Nacional das Águas, no sítio do Portal Hidroweb. No total, foram levantadas 44 estações pluviométricas com dados satisfatórios, no período de 2004 a 2014, que compreendem toda a extensão do estado do Mato Grosso do Sul.

A partir dos dados diários, foram calculadas as médias mensais e totais anuais e média anual histórica da precipitação para todas as estações, por meio do software SisCAH 1.0 (Sistema Computacional para Análises Hidrológicas). Foi utilizado o Microsoft Excel 2016 para a tabulação e organização dos dados – contendo os valores mensais e anuais de cada estação pluviométrica, com suas respectivas coordenadas em

UTM, de modo a construir o banco de dados geográfico que servirá de base para a análise geoestatística. A relação das estações de dados com os valores de precipitação média anual e respectivas coordenadas de localização, em UTM estão dispostos na tabela 1:

Tabela 1 - Índice das 44 estações pluviométricas, coordenadas UTM e precipitação média

Ordem	Código	Nome Estação	Coordenadas UTM		Precipitação média anual (mm)
			Y (N) lat	X (E) long	
1	1852002	Indaiá Grande	7899685	332773	1687,9
2	1852003	Cidade Chapadão Gaúcho	7932485	331868	1839,8
3	1853002	Cachoeira Pólvora	7986510	790020	1379,4
4	1854004	Coxim	7952508	736909	1234,5
5	1857000	Corumbá	8007753	746476	1027,3
6	1952002	Morangas	7837448	377591	1511,9
7	1956004	Campo Alto	7898510	595841	1128,1
8	1957003	Porto da Manga	7870526	475219	850,9
9	1957005	Piraputanga	7865236	437615	1351,9
10	2051037	Jupirá	7699806	434040	1282,7
11	2051045	Aparecida do Taboado	7780906	489118	1240,8
12	2052002	Água Clara	7738039	301538	1419,7
13	2052003	Fazenda Rio Verde	7776028	298601	1423,5
14	2052004	Garcias	7720662	306981	1217,0
15	2053000	Ribas do Rio Pardo	7736835	212171	1435,7
16	2053001	Usina Mimoso	7711435	232068	1308,8
17	2053004	Campos Elísios	7680406	262041	1565,7
18	2054005	Jaraguá	7732375	728206	1427,9
19	2054014	DNOS - 8.DRS	7736692	747461	1468,7
20	2054019	Jaraguari	7775095	768186	1479,2
21	2054020	Alegre	7733684	802833	1449,6
22	2054021	Sidrolândia	7681846	710846	1448,8
23	2055002	Palmeiras	7738009	663638	1396,5
24	2056001	Miranda	7761707	563053	1201,6

25	2056003	Estrada MT-738	7703612	594349	1220,5
26	2057001	São Simão	7782937	466336	1082,1
27	2152001	Porto Uerê	7596876	361960	1348,8
28	2152005	Xavantina do Sul	7644040	312125	1380,2
29	2152016	Fazenda Mimosinho	7668791	292822	1365,8
30	2153002	Passagem Ribeirão Lontra	7630234	229030	1448,6
31	2153004	Lanceiro	7673182	236268	1421,8
32	2154001	Porto Brilhante	7586659	747744	1434,1
33	2154002	Vau Bálsamo	7676459	758998	1408,6
34	2155000	Maracaju	7608182	692792	1423,1
35	2156000	Bonito	7664622	553947	1307,8
36	2157004	Porto Murtinho	7599908	407709	1111,6
37	2252000	Anaurilândia	7545491	323314	1415,7
38	2253004	Ivinhema	7530624	208264	1447,6
39	2254001	Dourados	7521388	727288	1367,6
40	2254003	Glória dos Dourados	7519586	784581	1540,2
41	2254005	Itaporã	7557192	728615	1399,0
42	2255002	Antônio João	7545924	608849	1712,7
43	2256001	Bela Vista	7554872	548680	1375,1
44	2355000	Amambaí	7444521	679835	1837,9

Fonte: Hidroweb (2019); Org. Petrucci (2019)

Para o tratamento geoestatístico, foi utilizado o software *Stanford Geostatistical Modeling Software* (SGeMS), que realiza modelagem espacial de dados em três dimensões e que tem por objetivo de resolver problemas envolvendo variáveis que possuem correlação espacial (PITTELKOW, 2015; CRUZ, 2017).

A primeira etapa do processamento é a entrada dos dados no *software*, por meio da criação de um *pointset*, sendo que, cada dado representa uma estação posicionada no espaço, possuindo então, par de coordenadas conhecidas (em UTM, fusos 21 e 22), assim, os dados já estarão dispostos em uma superfície geográfica. A segunda etapa contempla a criação de grids que englobem todos os pontos de dados, e servirão de base para as próximas etapas. A dimensão da grade das amostras compreende uma área de 560 km e 600 km, com isso, foram criados e testados 4 grids com espaçamentos regulares de: 10x10 km, 30x30 km, 50x50 km e 100x100 km. A avaliação do melhor grid se dá no ato da validação da krigagem.

Após a criação dos grids com os dados já posicionados, foi utilizada a ferramenta do variograma experimental, para mensurar a variabilidade espacial, a partir de uma distância conhecida (h) entre as

amostras. No caso específico da dimensão espacial, ainda se considera a orientação. Então, entende-se como a diferença média de determinada variável como $m^*(h)$ e a variância destas diferenças como $2\gamma(h)$. Deste modo, contendo um conjunto de pares de amostradas para determinado h , calcula-se um valor experimental para $m(h)$ (CLARK, 1979), ver equação 1:

$$2y^*(h) = \frac{1}{n} \sum [g(x) - g(x+h)]^2 \quad \text{Eq. (64)}$$

Onde: γ é a função do variograma, nota-se que o “2” denota que o variograma é o dobro da quantidade do semivariograma, e o “*” significa que se trata de um variograma experimental

Para o cálculo do variograma foram testados os modelos teóricos esférico, exponencial e gaussiano. Tendo sido determinada a função de melhor ajuste e que melhor descreve o comportamento espacial dos dados, para diversas defasagens de distâncias h .

Quando o valor de h é igual a 0, o $Y(h)$ se anula e diz que não há continuidade espacial nas primeiras amostras; quando o valor de h se aproxima de 0, o valor de $Y(h)$ se aproxima do valor do “efeito pepita” (C_0). O aumento de $Y(h)$, no eixo x do semivariograma ocorre até o limite máximo (ou variância máxima), a partir desse ponto, denominado Patamar (ou Sill), representado por $(C + C_0)$; e, o range (a) é a distância (h) atinge o Patamar. C é a variância espacial dos dados.

A variância cresce conforme a distância entre as amostras aumenta, atingindo o patamar (*sill*), se estabilizando, sendo este patamar obrigatoriamente igual à variância amostral. A distância em que o semivariograma alcança o patamar é denominado como alcance (*range*), representando o grau de dependência da variável. Dentro desta perspectiva existem três modelos principais de semivariogramas com patamar: esférico, exponencial e gaussiano.

Para esse trabalho o modelo que melhor se ajustou foi o modelo gaussiano (isto é resultado e não método). No modelo gaussiano, o range de influência de uma amostra ou “ a ” é o ponto a partir do qual as amostras se tornam independentes. O valor de γ , em que os níveis do gráfico são representados por C , que é o *sill* do variograma. Segundo Clark (1979), o modelo gaussiano é expresso pela equação, de acordo com o valor de h em função de a :

$$Y(h) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(- \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right) \right] \quad \text{Eq. (65)}$$

No processo de estimação e interpolação, para os parâmetros de setagem são utilizados aqueles mesmos definidos no variograma. De acordo com as peculiaridades dos fenômenos e das dinâmicas espaciais podem ser aplicados três tipos de Krigagem, sendo elas: Ordinária, Simples e Universal. Para esse trabalho utilizou-se a krigagem ordinária, expressa na equação 3:

$$\hat{Z}u_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i(u_i) \quad \text{com} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad \text{Eq. (66)}$$

Onde: Zu_0 é o valor estimado para o local u_i onde não possui dados conhecidos; u_i são os dados observados em campo; n é o número total de dados; λ_i são os pesos aplicados em cada u_i , dado que a soma dos pesos $\sum \lambda_i$ seja igual a 1;

Para validação dos dados foi utilizada a técnica de validação cruzada, em que, o sistema remove individualmente cada valor observado de amostra (um por vez) da grade e estima o novo valor a partir da média dos valores das amostras no entorno do ponto. Vale ressaltar que as técnicas de validação de modelo aqui utilizadas permitem apenas uma análise qualitativa, com significância apenas na comparação dos resultados dos modelos. De acordo com Landim (2003), a validação não indica qual é o modelo de semivariograma mais correto em relação ao outro, mas sim aquele que apresenta melhor ajuste dos dados. O ideal é obter os menores valores de média e variância e elevados valores de correlação.

Localização da área de estudo

O estado do Mato Grosso do Sul é um dos estados que compõem a região Centro-Oeste do país. É o 6º maior estado em extensão territorial, com mais de 357 km² e população estimada ao final do ano de 2018 de 2.748.023 pessoas (IBGE, 2019). Faz fronteiras a nordeste com a Bolívia, sudoeste com o Paraguai, norte com o estado do Mato Grosso, nordeste com Goiás e Minas Gerais, sudeste com São Paulo e sul com estado do Paraná. O mapa de localização do estado do Mato Grosso do Sul pode ser verificado na figura 1.

De acordo com Zavattini (2009) a área do estado do Mato Grosso do Sul está posicionada no centro de confluência dos principais sistemas atmosféricos da América do Sul, destacando-se, na porção norte a atuação das massas de ar mTc (Massa Tropical Atlântica), mEc (Massa Equatorial Continental) e mTa (Massa Tropical Atlântica) e, na porção sul do estado a mPa (Massa Polar Atlântica), mTc e mTa.

Baseando-se em dados de 1966 a 1985, Zavattini (2009) verificou que a pluviosidade média no estado é maior que 1000 mm anuais, com máximos de precipitação nas estações do Verão (nas porções norte e nordeste) e Primavera (áreas do divisor de águas entre os rios Paraná e Paraguai), superando 550 mm, nas duas estações. Os mínimos pluviométricos ocorrem na estação do inverno, em todo o estado, com médias variando entre 100 a 250 mm, no eixo Norte-Sul.

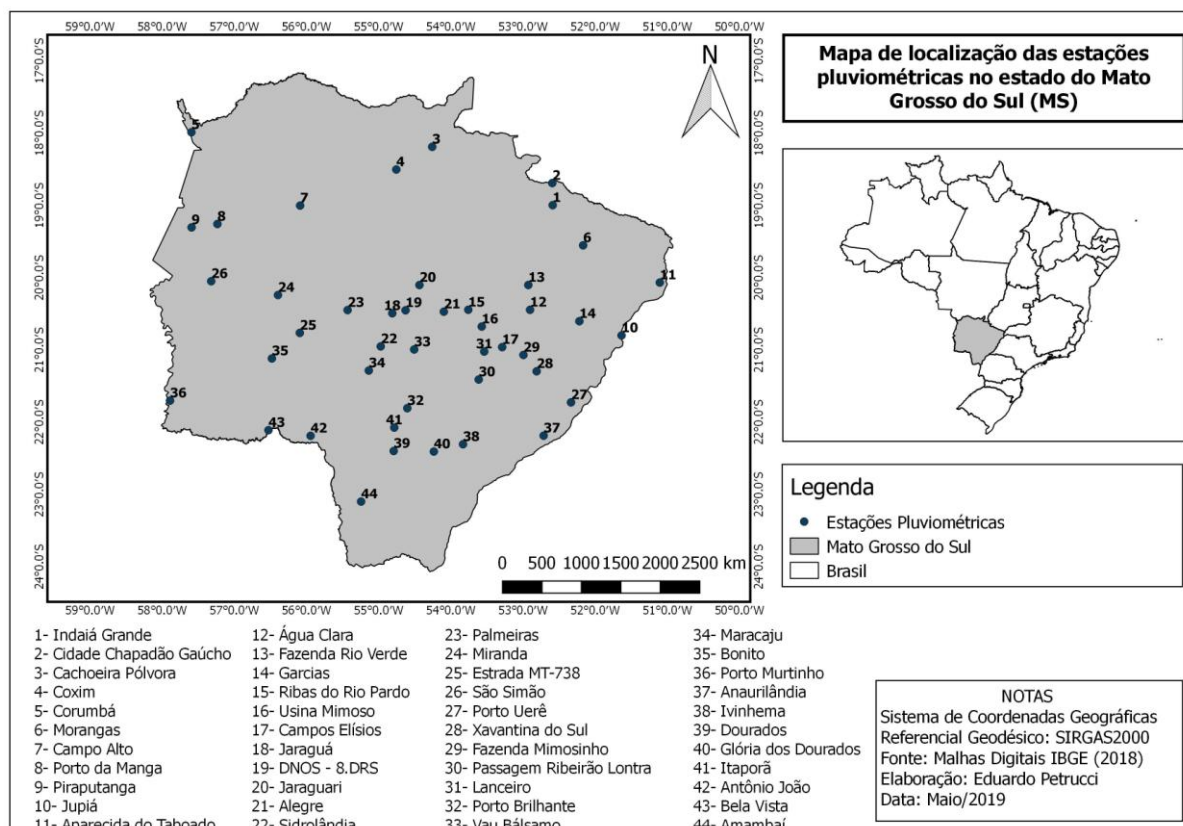


Figura 1 - Mapa de localização do estado do Mato Grosso do Sul (MS) e estações pluviométricas

Fonte: PETRUCCI (2019)

Existe correlação positiva entre as chuvas e o relevo, sendo o divisor de águas Paraná/Paraguai palco dessas interações. O bioma do Pantanal apresenta uma pluviosidade mais elevada na porção norte, com até 1.500 mm e, nas regiões centro e sul, médias de até 1.100 mm. (ZAVATTINI, 2009). Marcuzzo, Melo e Rocha (2011) ao analisarem a precipitação anual no referido estado, certificaram que, há distribuição desigual do volume pluviométrico, sendo as médias mais elevadas coincidente com o bioma amazônico, localizado no extremo noroeste e norte sul-mato-grossense e, as menores médias ao sul e extremo sudoeste, onde ocorrem o bioma do Pantanal.

Na distribuição sazonal das chuvas, 86,5% do volume pluviométrico anual ocorre entre os meses de outubro a março, durante as estações de primavera-verão, tendo o mês mais chuvoso janeiro, com médias entre 325 a 375 mm. O período seco se estende de julho a agosto, período do inverno, com médias entre 0 a 25 mm que corresponde a 13,5% das chuvas anuais (MARCUIZZO, MELO E ROCHA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística descritiva

A estatística exploratória dos dados, sobre os totais anuais de precipitação das 44 estações pluviométricas, está sumarizada na tabela 2 e figura 2.

Tabela 2 - Estatísticas descritiva e percentis dos totais de precipitação anual

ESTATÍSTICA DESCRITIVA								
nº dados	Mínimo	Média	Máximo	Mediana	Variância	Desvio Padrão	Skewness	Kurtosis
44	850,9	1382,43	1839,8	1403,8	35660,6	188,8	-0,035891	1,5074
PERCENTIS								
P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90
1119,85	1234,5	1328,8	1375,1	1403,8	1422,45	1435,7	1459,15	1565,7

Fonte: Autor (2019)

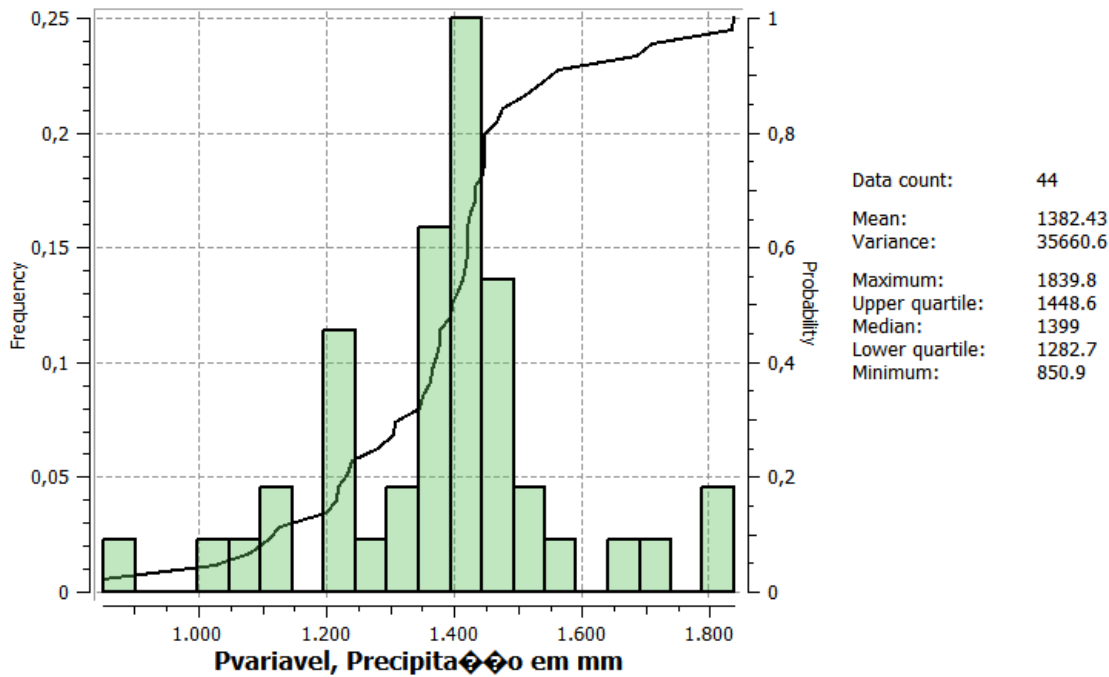


Figura 2 - Histograma dos dados anuais de precipitação, estatísticas descritivas e função distribuição acumulada da probabilidade das 44 estações de dados pluviométricos no estado do Mato Grosso do Sul (MS)

Fonte: Autor (2019)

A tabela 2 e a figura 2 revelam que, das 44 estações de dados amostradas, a menor altura pluviométrica anual foi de 850,9 mm (estação 8 - Porto da Manga) e a maior foi de 1.839,8 mm (estação 2 - Cidade Chapadão gaúcho), apresentando uma amplitude de 988,9 e média de 1.382,43 mm. O coeficiente de Skewness, apresentou valor de -0,04, valor este muito próximo a zero, mesmo assim indica assimetria positiva, que significa que há uma concentração nos dados à direita da média, corroborado pelo histograma dos dados, figura 2. O coeficiente de Kurtosis foi de 1,5, revelando que a distribuição dos dados é leptocúrtica, ou seja, a curva de distribuição dos dados é alta e afunilada, que indica maior concentração dos dados que a distribuição normal e com valores que se distanciam muito da média nas caudas. Os valores de P0 e P100 não representados no gráfico são: valor mínimo e o valor máximo dos dados, respectivamente.

A grade amostral com as posições das estações está delimitada em latitude (x) de 560 km e longitude (y) de 600 km. O grid que melhor representou a distribuição dos dados foi grid de 10 km, em que cada bloco representa uma distância de 10x10 km e foram necessários 59 blocos na latitude e 62 blocos na longitude, ver figura 3.

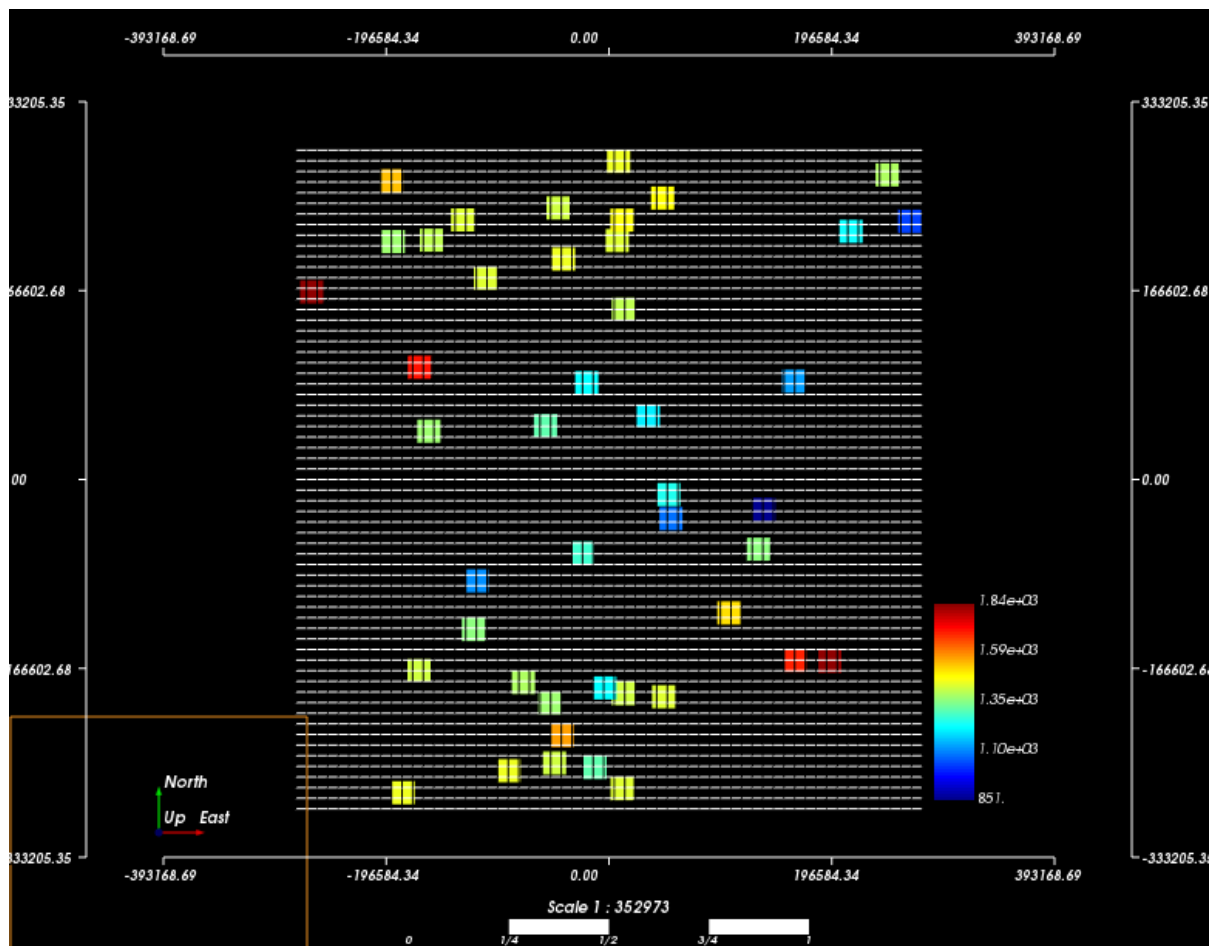


Figura 3 - Distribuição das estações pluviométricas no estado do Mato Grosso do Sul (MS) e valores anuais de precipitação no grid de 10x10 km

Pela figura 3 é possível perceber que as estações de dados com os mais elevados totais anuais de chuva localizam-se na porção noroeste e sudoeste, em conformidade com os resultados obtidos por Marcuzzo, Melo e Rocha (2011).

Geoestatística

Como primeiro procedimento foi verificado a clusterização (adensamento) dos dados utilizando-se técnica de desagrupamento. Os parâmetros utilizados que geraram melhor ajuste foi “Number of cell size” 35, e os tamanhos mínimos de X e Y, 50.000 (50km) e máximos de X e Y 100.000 (100km). O melhor resultado apontou uma média de 1.324,33 mm e variância de 40.401,2 que significa que, sem a influência do agrupamento das amostras de dados, a média reduziu aproximadamente 4% e a variância aumentou 13,3%.

Na estimação do variograma experimental, foram testados diferentes tipos de combinações de parâmetros para melhor ajustar o semivariograma. No tocante à direção espacial, foram testados semivariogramas em 9 direções, a saber: 0° (Omni-direcional), 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° e 360°. Foram testados também 5 tamanhos da busca (lags) e amplitudes da busca (lag separation e lag tolerance), para cada direção espacial. Os tamanhos de busca variaram entre 10 km a 50 km, com intervalos de 10 em 10 km. Devido à grande quantidade de informações geradas, não foi possível apresentar todos os modelos de semivariogramas experimentais para as 9 direções angulares.

A partir disso, o melhor ajuste para os dados dos totais anuais de precipitação foi o modelo gaussiano, configurado com os seguintes parâmetros: h = 10 com tolerância 5; nugget = 0; sill = 36.000 e alcance do variograma = 160.000 m, com direção preferencial de 45°, ver gráfico do variograma experimental otimizado na figura 4.

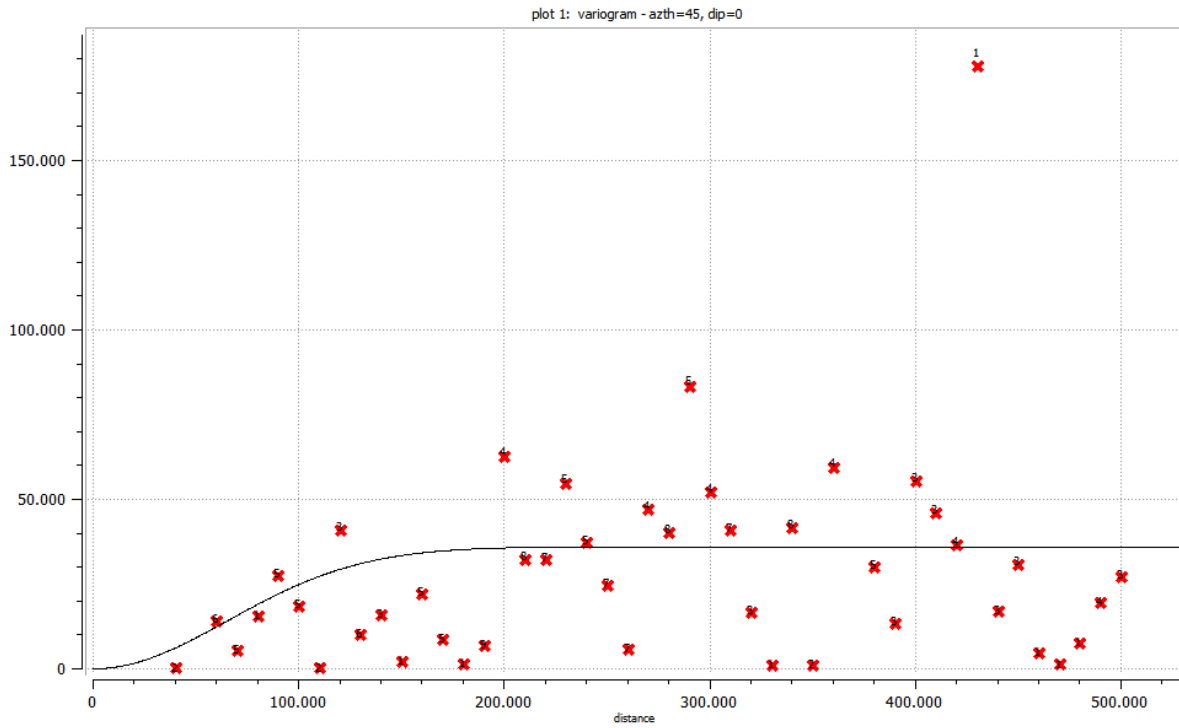


Figura 4 – Ajuste do variograma experimental otimizado para os dados de precipitação total anual (eixo y = variância; eixo x = distância espacial em metros)

Após o ajuste do semivariograma, os valores dos parâmetros nugget e sill e o modelo de distribuição dos dados encontrados, serviram de base para a aplicação do método da krigagem ordinária, ver figura 5.

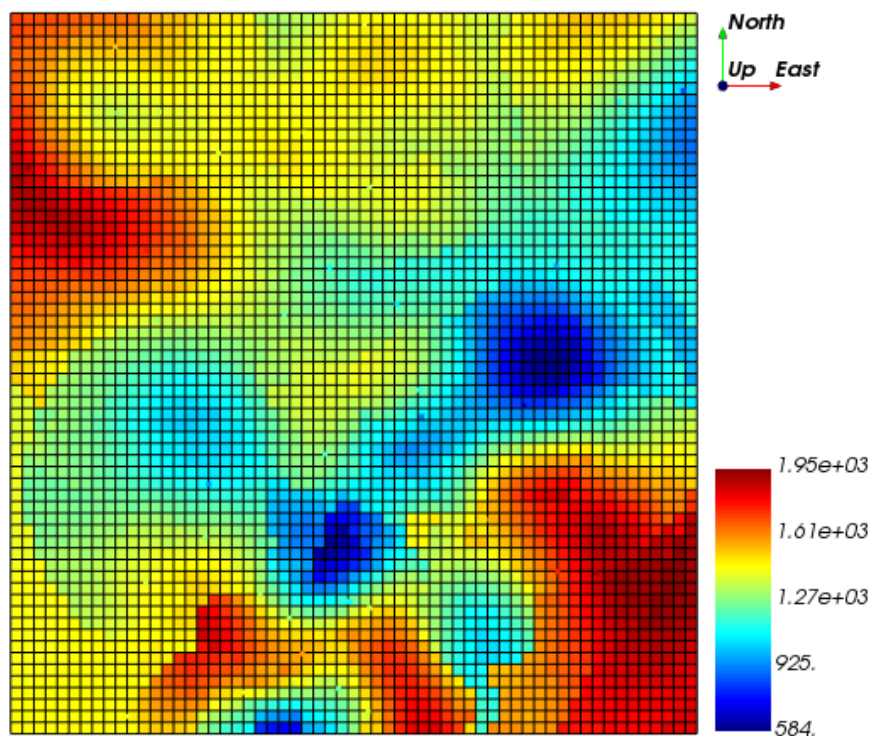


Figura 5 – Krigagem ordinária da precipitação anual no estado do Mato Grosso do Sul (MS), série histórica de 2004 a 2014

Por análise da figura 5, pode ser depreendido que os valores modelados obtidos (krigados no grid 10x10 km) estiveram em consonância com a distribuição original dos dados e com resultados de Zavattini (2009) e Marcuzzo, Melo e Rocha (2011), com maiores valores de precipitação anual em estações nas porções noroeste que coincide com a região do Bioma Amazônico, marcando precipitação anual próximo dos 2.000 mm, e porção sudeste e sul, com biomas predominantes do Cerrado e Pantanal, com cerca de 1.600 mm a 1.900 mm anuais, respectivamente.

As menores pluviosidades anuais ocorreram no sentido nordeste-sudeste um eixo de 45°, com mínimo de aproximadamente 600 mm em três diferentes pontos ao longo dessa faixa de distribuição da precipitação, marcadas pela transicionalidade entre biomas, na porção nordeste, entre biomas Amazônico e Cerrados e, na porção sul entre os biomas Cerrados e Pantanal (MARCUIZZO, MELO e ROCHA, 2011).

Após a estimação dos dados pelo método da krigagem ordinária, houve redução no valor da média amostral, passando de 1.382,43 mm para 1.379,7 mm e, aumento no valor da variância, passando de 35.660,6 para 36.659,3, o que representa um decréscimo de 0,19% na média.

A seleção do melhor grid foi determinada pelos resultados dos valores de média e variância após a krigagem. O grid selecionado de 10x10 km foi o que apresentou menores valores de média e variância, ver tabela 3:

Tabela 3 – Valores de média e variância resultantes da Krigagem Ordinária, com direção de 45° e distância de 10 km, para diferentes tamanhos de grid

Krigagem 45° para alcance de 10 km				
Grid	10x10	30x30	50x50	100x100
média:	1.364,3	1.370,5	1.383,5	1.381,3
Variância	64621,5	65797,4	70668,0	69097,6

Referente à validação da krigagem, utilizou-se os seguintes parâmetros: Krigagem Ordinária; Elipsoide de busca com um mínimo de 1 e o máximo de 7 amostras; range = 160.000 (que representa alcance de busca de 160 km, o mesmo parâmetro do variograma), nugget = 0; sill = 36.000. Na tabela 4 estão apresentados os valores de média e variância dos erros de estimativa para os diferentes tamanhos de busca (lags).

Tabela 4 – Valores obtidos de média e variância do erro da validação da krigagem da precipitação anual das 44 estações pluviométricas do estado do Mato Grosso do Sul, para diferentes tamanhos de busca (10 km a 50 km), na direção de 45°

Média e Variância do erro de estimação (45°)		
LAG (h)	Média	Variância
10 km	-2,7	38.418,5
20 km	-11,1	22.938,6
30 km	-17,2	49.787,5
40 km	-10,9	22.924,0
50 km	-11,0	22.955,2

A tabela 4 mostra que o melhor ajuste de modelo de semivariograma experimental foi para a uma distância de 10 km, pois apresentou a menor média de erro, de -2,7 mm e variância de 38.418,5. Com isso, pode ser depreendido que, para um alcance de busca de 10 km a partir de um ponto, o erro médio é de -2,7 mm, ou seja, os valores estão subestimados em relação aos valores observados. Na tabela 5 estão dispostos os valores observados e os valores validados, bem como os erros de estimativas da krigagem para cada estação de dados.

Tabela 5 – Valores observados das amostras, valores estimados pela krigagem ordinária e erro de estimação pela validação cruzada da precipitação anual do estado do Mato Grosso do Sul (MS), série histórica de 2004 a 2014

Nº	Precipitação Observada	Precipitação validada	Erro	Nº	Precipitação Observada	Precipitação validada	Erro
1	1687,9	1765,3	-77,3	23	1396,5	1261,0	135,5
2	1839,8	1666,8	173,0	24	1201,6	1382,2	-180,6
3	1379,4	1086,5	292,9	25	1220,5	1296,8	-76,3
4	1234,5	1146,4	88,1	26	1082,1	1325,3	-243,2

5	1027,3	1320,1	-292,8	27	1348,8	1306,6	42,2
6	1511,9	1569,1	-57,2	28	1380,2	1263,5	116,8
7	1128,1	1078,1	50,0	29	1365,8	1454,6	-88,8
8	850,9	1319,2	-468,3	30	1448,6	1567,3	-118,7
9	1351,9	1014,5	337,4	31	1421,8	1494,5	-72,7
10	1282,7	1047,3	235,5	32	1434,1	1440,4	-6,3
11	1240,8	1011,0	229,8	33	1408,6	1500,4	-91,8
12	1419,7	1296,5	123,3	34	1423,1	1482,9	-59,8
13	1423,5	1850,1	-426,6	35	1307,8	1221,3	86,5
14	1217,0	1293,7	-76,7	36	1111,6	1315,8	-204,2
15	1435,7	1012,8	422,9	37	1415,7	1470,4	-54,7
16	1308,8	1497,4	-188,6	38	1447,6	1531,2	-83,6
17	1565,7	1439,0	126,7	39	1367,6	1468,7	-101,1
18	1427,9	1462,3	-34,4	40	1540,2	1350,6	189,6
19	1468,7	1436,9	31,9	41	1399,0	1353,9	45,2
20	1479,2	1545,1	-65,9	42	1712,7	1442,5	270,2
21	1449,6	1535,0	-85,4	43	1375,1	1569,9	-194,8
22	1448,8	1359,7	89,1	44	1837,9	1456,3	381,6

Os valores validados tiveram média de 1.379,7 mm e variância de 36.659,3, com valor mínimo de 1.011 mm e máximo de 1.850,1 mm nas estações 11 e 13, respectivamente. Referente ao erro, foi obtida uma média de -2,7 mm e variância de 38.408,5, com valor mínimo de - 468,3 mm na estação 8 e valor máximo de 422,9 mm na estação 15, apresentando desvio padrão de 196. Para avaliação da confiabilidade dos dados entre os valores de precipitação observados e os validados, foi criado um gráfico de correlação, ver figura 6.

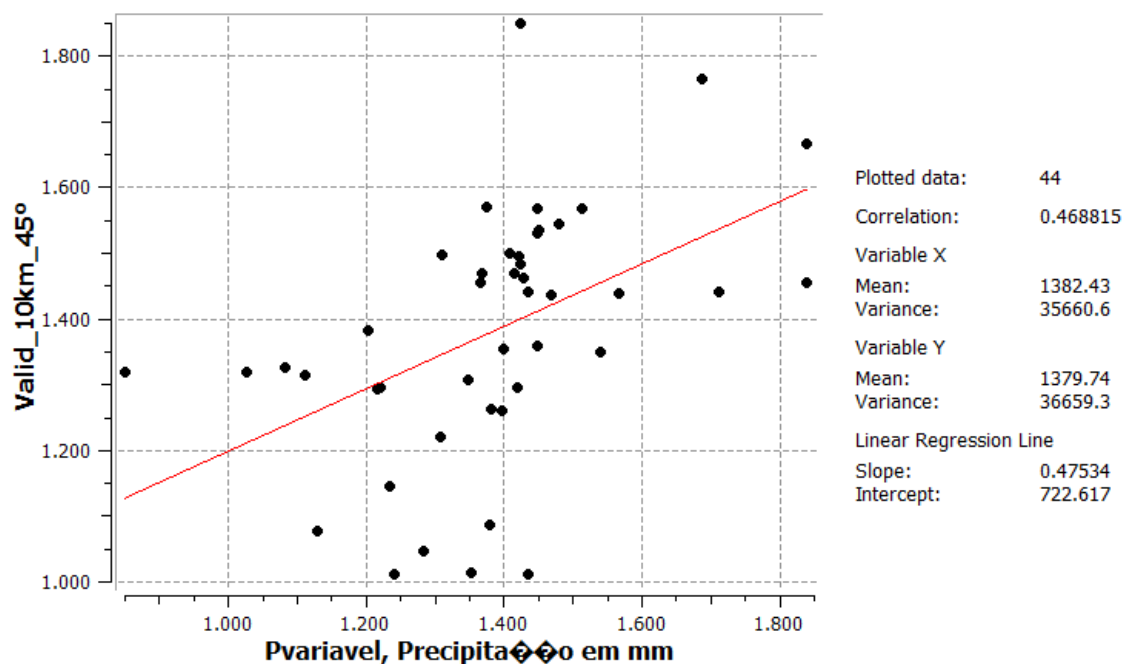


Figura 6 – Gráfico de correlação entre os dados observados e os dados validados

O gráfico de correlação aponta fraca correlação entre os valores observados e os valores validados, na ordem de 0,47, sendo que, o ótimo seria valor de coeficiente de correlação entre 0,7 e 1 (NAGHETTINI, PINTO, 2007). Percebe-se que, mesmo havendo pouca variação entre os valores de média e variância, os valores extremos (máximos e mínimos) impulsionaram a fraca correlação entre os dados.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A partir dos resultados gerados, verificou-se aplicabilidade do método geoestatístico Krigagem para avaliação da continuidade espacial da precipitação anual do estado do Mato Grosso do Sul. Houve continuidade espacial em um alcance de 160 km, na direção de 45° a partir das estações de dados posicionadas, resultando menor média de erro que em alcances maiores que 160 km.

Mesmo obtendo um valor de média do erro muito baixo, na ordem de -2,7 mm, o gráfico de correlação mostrou fraca correlação entre os dados observados e os dados validados, impulsionados pela discrepância entre os dados extremos (máximos e mínimos), admitindo baixa confiança no ato da estimação da continuidade espacial da precipitação no estado do Mato Grosso do Sul, no período de 2004 a 2014.

Como perspectivas futuras, pode-se verificar a continuidade espacial em diferentes períodos de dados, com quebras de períodos em décadas ou quinquênios podendo ser revelados também padrões de distribuição diferentes do atestado nesse trabalho e, associar as distribuições considerando cenários de mudanças climáticas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Esta pesquisa teve apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de concessão de bolsa de estudos de pós-graduação.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Agência Nacional das Águas (ANA). **Hidroweb**: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf. Acesso em: março/2019.

BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. 234 p.

CÂMARA G; MONTEIRO A. M.; FUCKS S. D; CARVALHO M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: Druck S, Câmara G, Carvalho MS, Monteiro AMV, organizadores. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA Cerrados; 2002. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>.

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: Câmara, G. & Medeiros, J. S. eds. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf. Acesso em: Maio/2019.

CARAM, R. O. **Reconstrução de séries e análise geoestatística da precipitação no estado de Minas Gerais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CLARK, I. Practical Geoestatistic. **Trans-Atlantic Publications**, Inc. (December 1979). 129 p.

CRUZ, Gabriella Amorim da. **MODELAGEM GEOLÓGICA TRIDIMENSIONAL DE ARGILAS NO SOFTWARE SGEMS, SEGUNDO PERFIS DE SONDAGEM À PERCUSSÃO NO BAIRRO JARDIM BOTÂNICO (RJ)**. 2017. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **IBGE cidades**. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>. Acesso em: maio/2019.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, vol.9, nº2, 19 p., 1998.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2 ed. São Paulo: Editora da UNESP, 2003. 253 p.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição Espaço-Temporal e Sazonalidade das Chuvas no Estado do Mato Grosso. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n.4 - Out/Dez 2011, p. 157-167.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018, 245 p.

PITTELKOW, Graciele Carls. **USO DE SIMULAÇÃO SEQUENCIAL PARA ESPACIALIZAÇÃO DO FENÔMENO ESTIAGEM NO RS**. 2015. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Técnico em Geoprocessamento, Colégio Politécnico da UFMS, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 212 p.

SIMILARIDADES ENTRE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO QUANTO AO INÍCIO DA ESTAÇÃO CHUVOSA

Aline de Holanda Nunes¹; Mári Andrea Feldman Firpo²; Ana Maria Heuminski de Ávila³; Jurandir Zullo Júnior³; Caio Augusto dos Santos Coelho²
Autor para correspondência: aline.maia@embrapa.br

¹Embrapa Meio Ambiente; ²CPTEC/Inpe; ³Cepagri/Unicamp; ⁴Cepagri/Unicamp

RESUMO

O planejamento de atividades influenciadas pelo regime pluviométrico local, nos diversos setores produtivos depende de previsões relacionadas à quantidade de chuva e sua distribuição ao longo do tempo. A definição do calendário de atividades agrícolas, de um modo geral, requer informações sobre essa distribuição temporal, em particular, sobre o período de início da estação chuvosa. No estado de São Paulo, o início ocorre entre o final de setembro e o início de outubro, com ampla variabilidade entre locais e entre anos. O conhecimento da variabilidade espacial desse evento no estado e as similaridades entre locais contribui para os serviços de extensão rural e estabelecimento de políticas agrícolas. Neste estudo, foram utilizadas 129 estações meteorológicas (locais) do estado, com 53 anos de dados diários. O tempo até o início da estação (T, dias após 1º de setembro) foi determinado para cada ano e local, pelo critério de Liebmann, e os quartis estimados usando a distribuição empírica de T (n=53). Os locais foram agrupados com base na similaridade entre quartis da distribuição empírica de T, resultando na formação de oito grupos. Foram observados os seguintes padrões espaciais: dois grupos, localizam-se nas porções inferior e superior, respectivamente, da diagonal imaginária que corta o estado na direção NW-SE; um outro grupo, sem continuidade espacial, ocupa faixas extremas paralelas, acima e abaixo da diagonal NW-SE enquanto outros dois grupos, concentram-se no extremo sudeste do Estado. As estações de Jaborandi e Iguape constituem pontos isolados, com padrões que se diferenciam dos demais. Os resultados mostraram alta variabilidade espaço-temporal do início da estação, com padrões temporais do início não homogêneos no estado. A similaridade entre os padrões é, em geral, relacionada com a distribuição espacial das estações o que permite a delimitação de regiões onde predominam padrões semelhantes de variabilidade quanto ao início da estação chuvosa.

PALAVRAS-CHAVE: Pluviometria; Variabilidade espacial; Análise de agrupamentos.

SIMILARITY AMONG METEOROLOGICAL STATIONS IN SÃO PAULO STATE REGARDING RAINY SEASON ONSET

ABSTRACT

Planning activities which are influenced by local pluviometry, in several production sectors, depends on forecasts related to rainfall amount and its temporal distribution. The definition of crops calendar requires, in general, information on this temporal distribution, particularly, the onset of the rainy season. In the SP state, Brazil, the onset occurs between late September and early October, with high variability among stations or years. Knowing the onset spatial variability and clusters of similar stations in the state, contributes to rural extension services and definition of agricultural policies. Daily data (1961 - 2013) from 129 stations from São Paulo state were used in this study. The time to onset of rainy season (T, days after September 1st) was determined for each year and station, by Liebmann criteria and quartiles for each station were estimated from the T empirical distribution (n=53). Stations were grouped based on the similarity among quartiles of the empirical T distribution, resulting in eight groups. The following spatial patterns were observed: two groups located at the inferior and superior pieces of the imaginary NW-SE diagonal, respectively; another group, without spatial continuity placed at extreme parallel strips, above and below the NW-SE

diagonal while two other groups, concentrate at extreme state SE. Jaborandi and Iguape stations constitute isolated points, showing patterns which are extremely different from all the others. Results show high onset spatio-temporal variability, with no homogeneous onset timing patterns across the state. The similarity among patterns is, in general, related to stations spatial distribution which allows delimitation of regions where similar patterns of onset variability are predominant.

KEY-WORDS: Pluviometry; Spatial variability; Cluster analysis

INTRODUÇÃO

O estado de São Paulo está localizado na região Sudeste da América do Sul e suas características climáticas seguem um padrão de monções com mais de metade da precipitação anual observada durante o verão austral (Dez-Fev) e apenas 5% no inverno (Silva e Kousky, 2012). O início da estação chuvosa nesta região do Brasil normalmente ocorre entre o final de setembro e o início de outubro (Sugahara, 1991). Do final de novembro até o final de fevereiro, a atividade convectiva da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é o principal mecanismo responsável pela estação chuvosa na região. Previsões confiáveis sobre o início da estação chuvosa são fundamentais para o planejamento de atividades influenciadas pela chuva em diversas áreas como, por exemplo, abastecimento urbano, produção de energia hidrelétrica, turismo e agricultura. Na agricultura de sequeiro, o uso dessas previsões busca definir datas de plantio nas quais o risco de perda parcial ou total da produção por estresse hídrico é reduzido; na agricultura irrigada é uma informação-chave para projetar demanda de água no período de início provável da estação chuvosa. As operações de colheita de culturas anuais, especialmente de grãos, pode ser afetada negativamente pela chuva, de modo que essas previsões também contribuem para redução do risco de perdas na colheita. Existem na literatura, vários métodos para definição do início da estação chuvosa, a partir de séries de dados diários de chuva, cada um deles com características únicas (Liebmann et al., 2007). Neste trabalho, buscamos caracterizar a variabilidade espacial do início da estação chuvosa no estado de São Paulo e identificar grupos de estações com similares quanto a características do início da estação.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Identificar grupos de locais (estações meteorológicas) com características similares de início de estação e avaliar sua relação com a distribuição espacial dos locais.

1

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados: foram utilizadas séries diárias de chuva de 129 locais (estações meteorológicas) do Estado de São Paulo, com dados disponíveis durante o período de janeiro de 1961 a dezembro de 2013 (53 anos), obtidos no DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. A partir desses dados primários, foi calculado o tempo até o início da estação chuvosa (observações da variável T, dias a partir de 1º de setembro) gerando séries com valores de observados de T para cada um dos anos. O início da estação foi determinado pelo método de Liebmann et al. (2007), no qual as diferenças entre o total de chuva diária e a média anual desses totais diários é acumulada resultando numa curva cujo primeiro ponto de inflexão corresponde ao início da estação chuvosa.

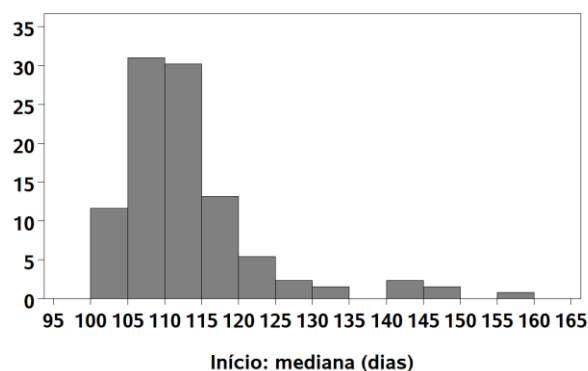
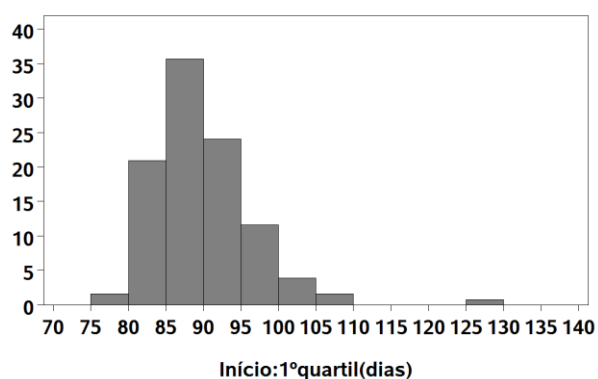
Análise exploratória: foram calculados os quartis empíricos da distribuição T, primeiro quartil (q1), mediana e terceiro quartil (q3), medidas usadas para caracterizar essa distribuição em cada um dos locais.

Foram construídos histogramas para q1, mediana e q3 para visualização da magnitude de variabilidade espacial para cada uma dessas medidas.

Análise de agrupamentos: os locais foram agrupados de acordo com a similaridades entre quartis das distribuições de probabilidade empíricas da variável T, Os agrupamentos foram construídos seguindo o método UPGMA (unweighted pair group method using arithmetic averages), usando os quartis estimados estandardizados. A escolha do número de grupos a ser considerado, a partir do dendrograma de similaridade gerado, baseou-se na análise gráfica da relação entre o número de grupos e a fração da variabilidade total dos dados capturada pelos grupos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em cada estação, a variabilidade temporal da variável T é representada por uma distribuição empírica de T (F[t]), construída a partir dos valores de t gerados a partir dos 53 anos de séries diárias de chuva. Observa-se considerável variabilidade entre as estações, representada por histogramas dos quartis de F[t], com amplitudes variando entre 35 e 60 dias (Figura 1). A distribuição assimétrica das estimativas das medianas de T indica que um pequeno número de estações apresenta início de estação muito tardio, entre elas a estação de Iguape (128), com mediana de 156 dias a partir de 1º de setembro, o que corresponde a um início no final de dezembro.



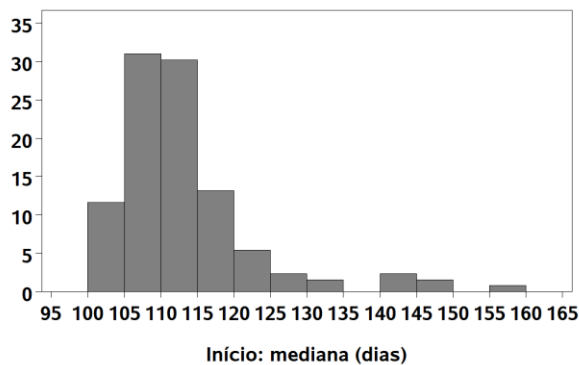


Figura 1. Histogramas empíricos dos quartis do da variável tempo até o início da estação chuvosa (T, dias), estimados a partir de séries históricas de dados diários de 129 estações do estado de São Paulo.

A análise de agrupamentos das estações baseada nos quartis de T resultou na formação de oito grupos (Quadro 1). A partir desse valor, acréscimos no número de grupos considerados implica em acréscimos muito pequenos na fração da variabilidade total capturada pelos grupos (Figura 2). Para verificar se a similaridade está relacionada com a localização das estações, os grupos são representados no mapa da Figura 3. Foram observados os seguintes padrões espaciais: os grupos III e V, localizam-se nas porções inferior e superior da diagonal imaginária que corta o estado na direção NW-SE; o grupo II ocorre em áreas que ladeiam a diagonal, enquanto os grupos VII e VIII, concentram-se no extremo sudeste do Estado. O grupo I não apresenta consistência espacial, ocupando faixas extremas paralelas, acima e abaixo da diagonal NW-SE; os grupos VI e VI constituem-se de pontos isolados: Jaborandi (9) e Iguape (128). As médias das estimativas das medianas de T em alguns grupos são similares (I e III; II e IV; Quadro 1). No entanto, essa similaridade entre grupos não é contraditória, pois os grupos são formados considerando todos os três quartis e não apenas a mediana.

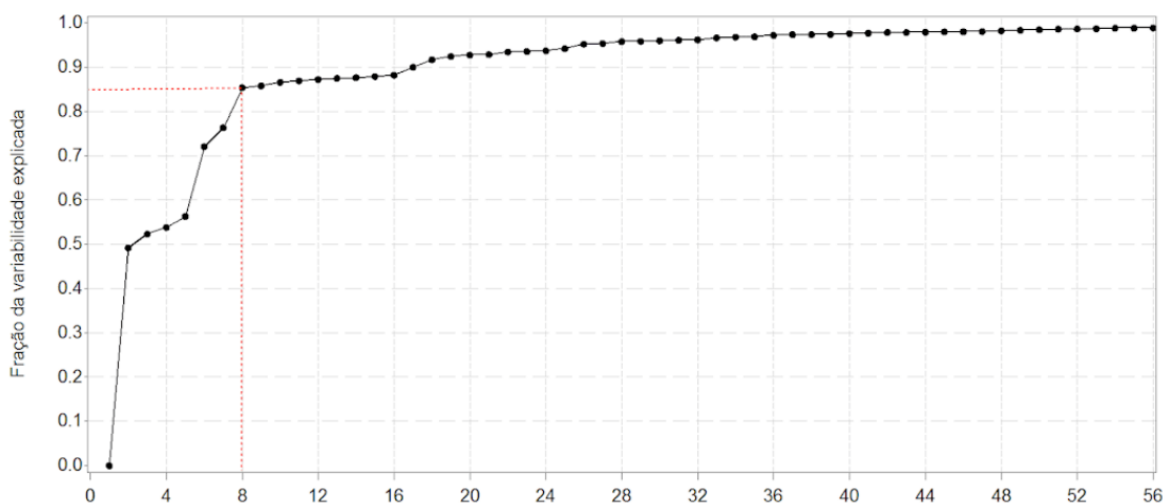


Figura 2. Relação entre número de grupos definidos na análise de agrupamentos baseada nos quartis da distribuição empírica da variável do tempo até o início da estação chuvosa (T) e a fração da variabilidade total capturada pelos grupos. Os quartis foram estimados a partir de séries históricas de dados diários de chuva (1961 a 2013) de 129 estações do Estado de São Paulo. Em destaque (linha pontilhada), o número de grupos escolhido.

Quadro 1. Grupos de estações meteorológicas do estado de São Paulo, formados com base na similaridade entre os quartis do tempo até o início da estação chuvosa (T) e respectivas médias das estimativas da medianas de T em cada estação pertencente ao grupo.

Grupo	Códigos das estações meteorológicas	Média das medianas de T
-------	-------------------------------------	-------------------------

I	37, 4, 28, 29, 3, 70, 65, 71, 75, 26, 30, 34, 19, 66, 32, 67, 99, 100, 118, 96, 109, 120, 62, 63, 58, 87, 72, 81, 69, 80, 36, 82, 73, 59, 108, 1 e 27	107,2
II	47, 90, 40, 111, 107, 43, 48, 86, 121, 39, 44 e 83	117,9
III	61, 46, 49, 117, 102, 93, 106, 105, 115, 56, 104, 52, 101, 89, 51, 88, 25, 92, 53, 84, 119, 98, 85, 114, 45, 55, 76, 112, 60, 97, 57, 95, 113, 91 e 94	108,6
IV	9	117,5
V	42, 11, 2, 5, 41, 8, 10, 74, 15, 103, 77, 79, 24, 38, 31, 35, 64, 16, 21, 13, 57, 7, 50, 78, 18, 14, 110, 6, 20, 22, 68, 17, 33, 12 e 23	115,2
VI	128	155,5
VII	116, 123, 127 e 125	125,6
VIII	124, 129, 122 e 126	143,8

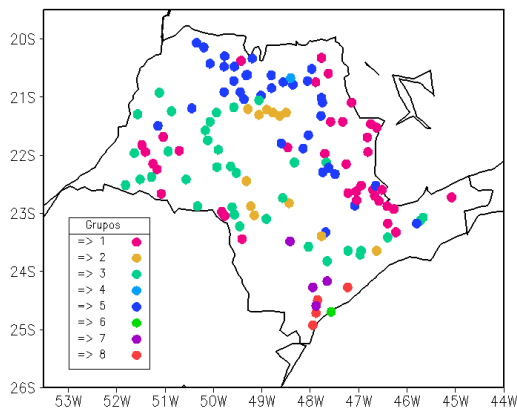


Figura 3. Distribuição espacial das estações meteorológicas do estado de São Paulo, destacando os grupos formados com base na similaridade entre os quartis do tempo até o início da estação chuvosa (T).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O início da estação chuvosa no Estado de São Paulo apresenta alta variabilidade espaço-temporal, com padrões de variação temporal não homogêneos em todo o Estado. A similaridade entre os padrões é, em geral, relacionada com a distribuição espacial das estações o que permite a delimitação de regiões onde predominam padrões semelhantes de variabilidade quanto ao início da estação chuvosa.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecemos à Fapesp pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Liebmann, B.; Camargo S. J.; Seth, A.; Marengo, J. A.; Carvalho, L. M. V.; Allured, D.; Fu, R.; Vera, C. S. Onset and end of the rainy season in South America in observations and the ECHAM 4.5 atmospheric general circulation model. *J. Clim.* v.20, pp 2037–2050, 2007.

Silva, V.; Kousky, V. E.; **The South American Monsoon System: Climatology and Variability.** 2012

Sugahara, S. **Flutuações interanuais, sazonais e intrasazonais da precipitação no estado de São Paulo.** Tese de Doutorado. Departamento de Meteorologia. IGA/USP, 1991, 140 pp.

Nieto-Ferreira, R.; Rickenbach, T. M. 2011. Regionality of monsoon onset in South America: A three-stage conceptual model. **Internat. J. Climatol.** 31.

ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA A MICRORREGIÃO DE SÃO VICENTE DA SERRA, CAMPO VERDE, MT

Osvaldo José de Oliveira¹; Leandro da Silva Cotrim¹; Jholian Maicon Ribeiro Santos²; Marcos Antônio da Silva¹; Luciana Carmona Malveze da Silva
Autor para correspondência: ojolivei@yahoo.com.br

¹Instituto Federal de Mato Grosso, Campus São Vicente, MT; ²Universidade de Várzea Grande, UNIVAG;

³Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT

RESUMO

O objetivo foi determinar a precipitação pluviométrica (chuva) mensal provável para microrregião de São Vicente da Serra município de Campo Verde MT. Analisou-se o ajuste da distribuição de probabilidade gama a uma série de 39 anos de dados de chuva mensal. Para a estimativa dos parâmetros α e β da distribuição gama foi utilizado o método da verossimilhança e, o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a aderência das probabilidades estimadas às frequências observadas. Observa-se que o parâmetro beta (β) no período analisado, para todos os meses foi inferior a 100, considerado valor crítico para o modelo de distribuição gama. Considerando os meses de janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio e Junho, a aderência dos valores observados para cada mês em relação aos valores estimados (acumulados) para o teste de Kolmogorov-Smirnov mostra significância baixa para os meses de Janeiro, Fevereiro e Março ($\alpha \leq 15\%$) seguidos de Abril ($\alpha \leq 7,5\%$), Maio ($\alpha \leq 7,4\%$) e finalmente Junho ($\alpha \leq 4,9\%$). Neste primeiro semestre somente o mês de Junho ajustou-se bem ao modelo. Já para os meses de Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, a aderência dos valores observados para cada mês em relação aos valores estimados (acumulados) para o teste de Kolmogorov-Smirnov mostra significância baixa para os meses de Setembro, Outubro e Novembro ($\alpha \leq 15\%$) com os demais meses com significâncias inferiores a 5% ($\alpha \leq 5,0\%$).

PALAVRAS-CHAVE: Atividade agrícola; dados históricos; probabilidade de precipitação

RAINFALL ESTIMATION IN GAMMA DISTRIBUTION TO THE MICROREGION OF SÃO VICENTE DA SERRA, CAMPO VERDE, MT

ABSTRACT

The objective was to determine the rainfall (rain) monthly rate for micro-region of São Vicente da Serra, municipality of Campo Verde MT. The adjustment of the gamma probability distribution was analyzed for a series of 39 years of monthly rainfall. For the estimate of the α and β parameter of the gamma distribution was used the method of the verisimilitude and, Kolmogorov-Smirnov's test to check her adherence of the probabilities estimate and observed. It is observed that the parameter beta (β) in the analyzed period, for every month was less than 100, Considered a critical value for the gamma distribution model. Considering the months of January, february, March, April, May and June, The adherence of the values observed for each month in relation to the estimated values (accumulated) for the Kolmogorov-Smirnov shows low significance for the months of September, October and November ($\alpha \leq 15\%$) followed by April ($\alpha \leq 7,5\%$), May ($\alpha \leq 7,4\%$) and finally June ($\alpha \leq 4,9\%$). In the first half of June only June was well in line with the model. For the months of July, August, September, October, November and December, the adherence of the values observed for each month in relation to the estimated values (accumulated) for the Kolmogorov-Smirnov shows low significance for the months of September, October, and November ($\alpha \leq 15\%$) with the other months with significance lower than ($\alpha \leq 5,0\%$).

KEY-WORDS: Agricultural activity; historical data; probability of precipitation

INTRODUÇÃO

A agricultura é o seguimento da economia que mais depende das variáveis climáticas, fator dentre outros que ocasiona variações nas médias de produtividade no decorrer dos anos. Entre todas as variáveis meteorológicas, a precipitação se destaca como uma das principais responsáveis por tais variações, salienta-se que sua distribuição é concentrada em aproximadamente seis meses do ano, o que permite um regular calendário agrícola para cultivos de sequeiro.

Na região dos Cerrados as atividades agrícolas aumentam no período primavera-verão, pois é a época de maior ocorrência de chuvas. No entanto, as chuvas apresentam grande irregularidade de ocorrência nesta região, tanto espacial como temporal, o que influencia diretamente, no planejamento agrícola e na produtividade das culturas (SOUSA et al., 2006).

A função gama de probabilidade apresenta dois parâmetros, a saber: parâmetro alfa (α) considerado de forma e parâmetro beta (β) considerado de escala (MILLER & WEAVER, 1968). Segundo (THOM, 1958), para valores de (α) maiores ou igual a 100 a distribuição gama se aproxima da distribuição normal. O parâmetro de escala (β) indica o grau de dispersão entre os dados da série estudada.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Considerando a importância técnico-científica do assunto, aliada à ausência de dados referentes à probabilidade de precipitação na região, o objetivo com este trabalho foi analisar o ajuste da distribuição Gama na estimativa da precipitação pluviométrica mensal esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de São Vicente da Serra, Campo Verde-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica em base diária, disponibilizados pela estação meteorológica do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) campus São Vicente, localizada no município de Santo Antônio do Leverger, MT (latitude 15°49'S, longitude 55°25'W e altitude de 790 m). Em virtude da disponibilidade de dados, utilizou-se a série histórica de 1972 a 2011 (39 anos).

A determinação de diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizada utilizando-se o modelo probabilístico de distribuição Gama incompleta (THOM 1958). Sua função densidade de probabilidade é dada pela equação 01.

$$G(y) = 1/\beta y x \Gamma(\alpha) x X \alpha - 1 e - x/\beta \quad \text{Eq. (67)}$$

(01)

em que: α : refere-se ao parâmetro de forma (adimensional); β : refere-se ao parâmetro de escala (mm); e: refere-se a base do logaritmo neperiano; x: refere-se ao total de precipitação (mm); e Γ : refere-se ao símbolo da função Gama. A função gama é definida de acordo com a equação 02.

$$\Gamma(\alpha) = \quad \text{Eq. (68)}$$

$$\sqrt{2\pi\alpha} \quad \text{Eq. (69)}$$

$$\alpha\alpha\epsilon\alpha(1 + 1/12\alpha + 1/288\alpha^2 - 139/51840\alpha^3) \quad \text{Eq. (70)}$$

(02)

Os parâmetros que propiciam a distribuição Gama acumulada, para uma dada variável aleatória (α e β), foram estimados pelo método dos momentos, conforme (THOM 1958).

Para verificar o ajuste entre os dados estimados e observados, utilizou-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância (ASSIS et al. 1996). Este teste observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso a Normal, e a função de distribuição empírica dos dados. Como critério, comparou-se esta diferença com um valor crítico, para um dado nível de significância. A estatística utilizada para o teste é:

$$D_n = \sup_x |F(x) - F_n(x)| \quad \text{Eq. (71)}$$

(03)

$F(x)$ representa a função de distribuição acumulada assumida para os dados e $F_n(x)$ representa a função de distribuição acumulada empírica dos dados.

Esta função corresponde a distância máxima vertical entre os gráficos de $F(x)$ e $F_n(x)$ sobre a amplitude dos possíveis valores de x . Neste caso, testou-se a hipótese $H_0: F_{(x)} = F$ contra a hipótese alternativa $H_1: F_{(x)} \neq F$. Para isto, tomou-se $X_{(1)}; X_{(2)} \dots X_{(n)}$ as observações aleatórias ordenadas de forma crescente da população com função de distribuição contínua $F_{(x)}$. No caso de análise da normalidade dos dados, assumiu-se F a função de distribuição da normal.

Como a função de distribuição empírica F_n é descontínua e a função de distribuição hipotética é contínua, foram consideradas outras duas estatísticas:

$$D_+ = \sup_x |F(x_i) - F_n(x_i)| \quad \text{Eq. (72)}$$

(04)

$$D_- = \sup_x |F(x_i) - F_n(i - 1)| \quad \text{Eq. (73)}$$

(05)

Essas estatísticas medem as distâncias (vertical) entre os gráficos das duas funções, teórica e empírica, nos pontos $x_{(i-1)}$ e $x_{(i)}$. Com isso, utilizou-se como estatística de teste $D_n = \max(D^+, D^-)$. Se D_n é maior que o valor crítico, rejeita-se a hipótese de normalidade dos dados com $(1-\alpha)100\%$ de confiança. Caso contrário, não se rejeita a hipótese de normalidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a precipitação pluviométrica acumulada nos doze meses com um ajuste do tipo potencial (linha pontilhada). É evidente o período de reduzida pluviosidade a partir do mês 4 até o mês 9.

Observa-se no Quadro 1 maiores coeficientes de variação nos meses de julho e agosto e os meses de março e dezembro os de menores variações, ou seja, maiores regularidades no acumulado pluviométrico. Identificou-se grande variação dentro de cada mês na série histórica considerada. Os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro foram àqueles que apresentaram menores coeficientes de variação quando comparados aos demais meses. Estes períodos coincidem com os maiores índices pluviométricos registrados na região.

Observa-se que o parâmetro beta (β) no período analisado, para todos os meses foi inferior a 100, considerado valor crítico para o modelo de distribuição gama.

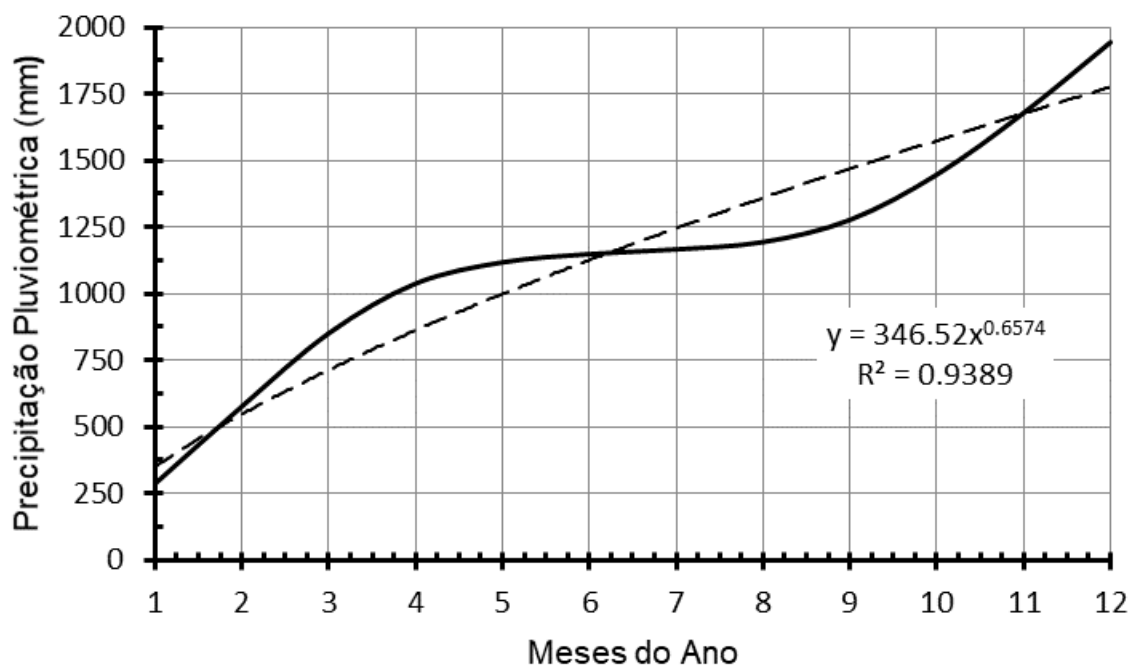


Figura 1: Precipitação acumulada. Médias mensais compondo um ano para a série histórica trabalhada (1972 – 2011). IFMT/Campus São Vicente-CRCV-MT. 2017.

Figura 1: Precipitação acumulada. Médias mensais compondo um ano para a série histórica trabalhada (1972 – 2011). IFMT/Campus São Vicente-CRCV-MT. 2017.

Quadro 1: Soma, média e variância da precipitação mensal para microrregião de São Vicente da Serra, município de Campo Verde-MT, no período de 1972 a 2011. IFMT/Campus São Vicente-CRCV. 2017

Mês	Soma	Média	Variância	Desvio Padrão	Parâmetro α	Parâmetro β	CV (%)
Janeiro	8.350,8	288,0	13.720,6	117,1	6,0	47,6	37,0
Fevereiro	8.563,7	295,3	12.315,3	111,0	7,1	41,7	38,4
Março	8.078,5	278,6	3.505,2	59,2	22,1	12,6	21,6
Abril	5.242,0	187,2	3.850,7	62,1	9,1	20,6	32,1
Mai	2.383,9	76,9	2.479,8	49,8	2,4	32,2	61,9
Junho	830,3	26,8	900,1	30,0	0,8	33,6	116,1
Julho	406,4	13,1	355,1	18,8	0,5	27,1	143,7
Agosto	721,6	23,3	801,1	28,3	0,7	34,4	121,6
Setembro	2.579,8	80,6	2.776,2	52,7	2,3	34,4	65,4
Outubro	5.627,8	170,5	5.909,6	76,9	4,9	34,7	45,1
Novembro	7.724,6	234,1	7.103,5	84,3	7,7	30,3	36,2

Dezembro	8.056,7	268,6	7.213,0	84,9	10,0	26,9	30,1
-----------------	---------	-------	---------	------	------	------	------

Considerando os meses de janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio e Junho, a aderência dos valores observados para cada mês em relação aos valores estimados (acumulados) para o teste de Smirnov-Kolmogorov mostra significância baixa para os meses de Janeiro, Fevereiro e Março ($\alpha \leq 15\%$) seguidos de Abril ($\alpha \leq 7,5\%$), Maio ($\alpha \leq 7,4\%$) e finalmente Junho ($\alpha \leq 4,9\%$). Neste primeiro semestre, somente o mês de junho ajustou-se bem ao modelo, já para os meses de Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, a aderência dos valores observados para cada mês em relação aos valores estimados (acumulados) para o teste de Smirnov-Kolmogorov mostra significância baixa para os meses de setembro, outubro e novembro ($\alpha \leq 15\%$), com os demais meses com significâncias inferiores a 5% ($\alpha \leq 5,0\%$).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os dados da série histórica de precipitação pluviométrica da região de São Vicente da Serra analisada em base mensal não assumem uma distribuição de probabilidade do tipo gama exceto para os meses de junho, julho, agosto e dezembro. Permite concluir que o histórico de chuva da microrregião de São Vicente da Serra não obteve ajuste ao modelo estatístico de distribuição gama, pelo fato de vários anos não apresentarem registro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ASSIS, F.N.; Arruda, H.V. de; Perreira, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 1996. 161p.

MILLER, M. E.; Weaver, C. R. Monthly and annual precipitation probabilities for climatic divisions in Ohio. **Research bulletin**, n.1005, 1968. 11p.

SOUSA, R.R.; ROSA, D.B.; NASCIMENTO, L.A.; LIMA, P.R.M. Estudo da variabilidade pluviométrica no extremo norte do Estado de Mato Grosso entre os anos de 1990 a 1996. **Revista Geoambiente**, Jataí, GO, v.1, n.7, p.89-107, 2006.

THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 86, n. 4, p. 117-122, 1958.

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA SOJA NA MICRORREGIÃO CHAPADA DOS VEADEIROS - GO

Danielle de Paula Oliveira¹; Mhariana Fernandes Ferreira¹; Igor Henrique Silva Castilho¹; Jordana Augusta Veronez Silva¹; Leonardo Batista Pedroso¹
Autor para correspondência: danni.olip@gmail.com

¹Instituto Federal Goiano

PALAVRAS-CHAVE: Chapada dos Veadeiros; Zoneamento agroclimático; Soja

KEY-WORDS: Chapada dos Veadeiros; Agroclimatic Zoning; Soybean

INTRODUÇÃO

A influência do clima na agricultura é um tema importante, de forma que, conhecer as particularidades de cada espécie e também as condições geográficas do ambiente é essencial para o bom desempenho do setor agrário na economia. As práticas agrícolas são extremamente dependentes das variações atmosféricas, o que quer dizer que, diversos fatores interferem na produção das lavouras.

As condições do tempo durante determinado período, controlarão o nível de sucesso da cultura, definindo o momento mais adequado para as práticas agrícolas, e também o nível de produtividade obtido. Sendo assim, o clima é o primeiro fator a ser considerado para determinar que tipo de cultura pode ser explorada numa região, a melhor época para cultivo, e o tipo de sistema agrícola a ser adotado.

Por esse motivo, antes de iniciar a lavoura, é preciso saber se o que vai ser cultivado consegue se manter no tipo climático em questão, além de outros fatores a serem avaliados, como o solo, a disponibilidade de água, etc. Assim, este trabalho teve como objetivo relacionar as condições climáticas da microrregião da Chapada dos Veadeiros - Goiás, com o cultivo de soja na região, destacando qual a influência do clima sobre a cultura, e quais as cultivares mais adequadas para o local em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DA SOJA

A Cultura da Soja

A soja é originária da China, e possui alto valor nutricional. No grão estão presentes: potássio, cálcio, magnésio, fósforo, ferro, carboidratos, vitaminas, entre outros, assim seu consumo é de extrema importância. Ela é empregada na alimentação humana através de óleo de soja, leite de soja, proteína de soja, soja em grão etc.; e animal, no preparo de rações.

Segundo Trace (2009, p. 263) “no Brasil, a soja (*Glycine max*) cultivada é uma planta herbácea, da classe *Rosidaeae*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae*, gênero *Glycine* L., espécie *max*”.

As principais variedades comerciais apresentam caule hispido, pouco ramificado, e raízes com eixo principal e muitas ramificações. Possuem folhas trifolioladas, exceto o primeiro par de folhas simples, no nó acima do nó cotiledonar. Têm flores de fecundação autógama, típicas da subfamília *Papilionoideae*, de cor branca, roxa ou intermediária. Desenvolvem vagens (legumes) levemente arqueadas que, à medida que amadurecem, mudam da cor verde para amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza, podendo conter de

uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas, de tegumento amarelo pálido, com hilo preto, marrom, ou amarelo-palha. Apresentam crescimento indeterminado, sem racemo terminal; determinado, com racemo terminal; ou semideterminado, intermediário (Sediyama et al., 1999, p. 263).

A planta de soja é fortemente influenciada pelo meio, assim, fatores como a temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica, afetam seu desenvolvimento e consequentemente, seu ciclo.

Essa cultura encontrou no ambiente do Centro-Oeste brasileiro um local perfeito para a sua instalação, adaptando-se com facilidade ao clima quente e seco, com uma estação quente e chuvosa e outra mais amena e com baixas umidades do ar. No entanto, ela também se adapta ao clima mais frio da região Sul, sendo assim, tornou-se um dos produtos mais cultivados no espaço rural do Brasil.

Pode-se observar uma grande variabilidade genética na cultura da soja, uma vez que há diversos tipos de cultivares. “As cultivares brasileiras de soja são classificadas em grupos de maturação (GM), com base no ciclo da cultura. Esta classificação varia conforme a região [...]” (Embrapa Soja, 2008, p. 264).

Produção de Soja no País

De acordo com Embrapa Soja (2018), “o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA”. No levantamento de dados feito pela CONAB em maio de 2018, observou-se:

Tabela 1. Dados econômicos da soja no Brasil, durante a safra de 2017/2018

Soja (safra2017/2018)	
Produção	116,996 mi. de toneladas
Área plantada	35,100 mi. de toneladas
Produtividade	3.333 kg/há

Fonte: Adaptado de Embrapa, 2018.

Vazio Sanitário e Calendarização da Semeadura

O vazio sanitário e a calendarização da semeadura da soja são estratégias para o manejo da Ferrugem-Asiática da Soja, entretanto, essas medidas têm objetivos diferentes.

Chamamos de vazio sanitário o período de no mínimo 60 dias sem a cultura e plantas voluntárias no campo. No Brasil, treze estados e o Distrito Federal adotaram essa medida, estabelecida por meio de normativas, com o objetivo de reduzir a sobrevivência do fungo causador da Ferrugem-Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) durante a entressafra e atrasar a ocorrência da doença na safra. Esse fungo é biotrófico, ou seja, precisa de um hospedeiro vivo para se desenvolver e multiplicar. Portanto, ao eliminarmos as plantas de soja na entressafra "quebramos" o ciclo do fungo, reduzindo a quantidade de esporos presentes no ambiente (Tabela 2).

Já a calendarização da semeadura é a determinação de uma data-limite para semear a soja na safra. Essa medida foi estabelecida também por normativas estaduais, mas foi aderida por apenas sete estados produtores de soja até o momento: Goiás, Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina, Tocantins, Bahia e Mato Grosso do Sul. Seu objetivo é reduzir o número de aplicações de fungicidas ao longo da safra e assim reduzir a pressão de seleção de resistência do fungo aos fungicidas (Tabela 3).

Tabela 2. Períodos de vazio sanitário na região Centro-Oeste

Estado	Período de Vazio Sanitário?																	
	Junho			Julho			Agosto			Set.			Outubro			Nov.		
	1	15	30	1	15	31	1	15	31	1	15	30	1	15	31	1	15	30
GO				VAZIO														
MT		VAZIO																
MS		VAZIO																
DF				VAZIO														

Fonte: Adaptado de Embrapa, 2017.

Tabela 3. Períodos de semeadura da soja na região Centro-Oeste

Estado	Período da Calendarização da Semeadura da Soja														
	Set.			Outubro			Nov.			Dezembro			Janeiro		
	1	15	30	1	15	31	1	15	31	1	15	30	1	15	31
GO				SEMEDURA											
MT		SEMEDURA													
MS		SEMEDURA													

Fonte: Adaptado de Embrapa, 2017.

Ciclo de Desenvolvimento

O sistema proposto por Fehr e Caviness (1977) divide os estádios de desenvolvimento da soja em estádios vegetativos e estádios reprodutivos. Os estádios vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R.

As subdivisões do estágio vegetativo são designadas numericamente como V1, V2, V3, até Vn, menos os dois primeiros estádios VE (emergência) e VC (cotilédone). O último estágio vegetativo é designado como Vn, onde “n” representa o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específico (Tabela 4).

Os estádios reprodutivos são denominados pela letra R, seguida dos números de 1 a 8. Eles abrangem quatro fases do desenvolvimento reprodutivo da planta: florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8) (Tabela 5).

Tabela 4. Descrição dos estádios vegetativos da soja

Estádio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
VC	Cotilédone	
V1	Primeiro nó	
V2	Segundo nó	
V3	Terceiro nó	
V4	Quarto nó	
V5	Quinto nó	
...	...	
Vn	Enésimo nó	

Fonte: Adaptado de Fehr & Caviness, 1977

Obs.: Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando as bordas dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

Tabela 5. Descrição dos estádios reprodutivos da soja

Fonte: Adaptado de Fehr & Caviness, 1977

Obs: Caule significa a haste principal da planta; Últimos nós se referem aos últimos nós superiores; Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando os bordos dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

ESTUDOS MORFOMÉTRICOS E ANÁLISE DAS LINHAS DE ESCOAMENTO DA MICROBACIAS EXPERIMENTAL DO RIBEIRÃO PARAÍSO MORRINHOS GOIÁS

Tulio Rabelo Da Silva¹; Jaqueline de Oliveira Lima²
Autor para correspondência: tulio.agro@outlook.com

¹UEG / CAMPUS MORRONHS; ²UEG / CAMPUS MORRINHOS

RESUMO

Para entender as várias formas de relevo do globo terrestre o emprego de métodos quantitativos e a análise morfométrica, apresentam como instrumentos importante, especialmente no que se refere aos estudos das bacias hidrográficas. Por isso busca-se, nesse trabalho, a quantificação dos parâmetros morfométricos da Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso, localizada no município de Morrinhos, Estado de Goiás, apresentando características físicas e climáticas representativas da região do cerrado, inserida na unidade geológica do grupo Araxá. A esta unidade geológica repercute o comportamento da rede de hidrográfica, com texturas de drenagem caracterizada por diversos padrões, associada à uma estrutura de natureza litológica e tectônica. A representatividade desse sistema fluvial dentro do contexto o qual se encontra inserido, está intrinsecamente ligada às ações humanas na transformação da paisagem, pois a dinâmica hidrológica superficial se apresenta alterada devido ao estabelecimento de atividades agropecuárias. Segue daí a importância de se fazer um estudo que contemple a Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso em função das várias formas de uso dos seus recursos naturais. A metodologia fundamentou-se no uso de imagens de satélite, cartas topográficas, softwares especializados como Spring 4.3.3 e ArcGis 9.2, possibilitando assim a mensuração de vários parâmetros morfométricos, tais como: análise areal, linear e hipsométrica.

PALAVRAS-CHAVE: morfometria; micro bacia; altimetria

MORPHOMETRIC STUDIES AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL MICROBASINS DRINKING LINES OF RIBEIRÃO PARAÍSO MORRINHOS GOIÁS

ABSTRACT

To understand the several forms of relief of the terrestrial globe the employment of quantitative methods and the analysis morfometric, they present as important instruments, especially in what he/she refers to the studies of the basins hydrographical. That it is looked for, in that work, the quantification of the parameters morfometric of Ribeirão Paradise's Experimental Microbasin, located in the municipal district of Hills, State of Goiás, presenting representative physical and climatic characteristics of the area of the closed, inserted in the unit geological of the group Araxá. To this unit geological the behavior of the hydrographical net rebounds, with drainage textures characterized by several patterns, associated to a structure of nature litologic and tectonic. The representativity of that fluvial system inside of the context which one finds inserted, it is intrinsic linked to the human actions in the transformation of the landscape, because the dynamic superficial hydrographical he/she/it presents altered due to the establishment of agricultural activities. It proceeds of there the importance of doing a study that contemplates Ribeirão Paradise's Experimental Microbasin in function in the several ways of use of its natural resources. The methodology was based in the use of satellite images, topographical letters, softwares specialized like Spring 4.3.3 and ArcGis 9.2, facilitating like this the measure of several parameters morfometric, such as: analysis sand dune, lineal and hypsometry.

KEY-WORDS: morfometric; microbasin; altimetry

INTRODUÇÃO

A área de estudo, Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso, encontra-se na porção Central do município de Morrinhos, que por sua vez, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1996), é uma unidade administrativa que pertence à Microrregião 015 – Meia Ponte integrante da Mesorregião 05 Sul Goiano, localizado à sudeste da capital do Estado de Goiás e a 17°43'54'' de latitude Sul e 49°06'03'' de longitude Oeste. Limita-se com os municípios de Piracanjuba, ao norte; Buriti Alegre e Goiatuba, ao sul; Caldas Novas, Água Limpa e Rio Quente, à leste; e Pontalina, Aloândia e, ainda, Goiatuba, à oeste. A área do município é de 2.830,17 Km² o que corresponde a 0,84% da superfície geral do Estado.

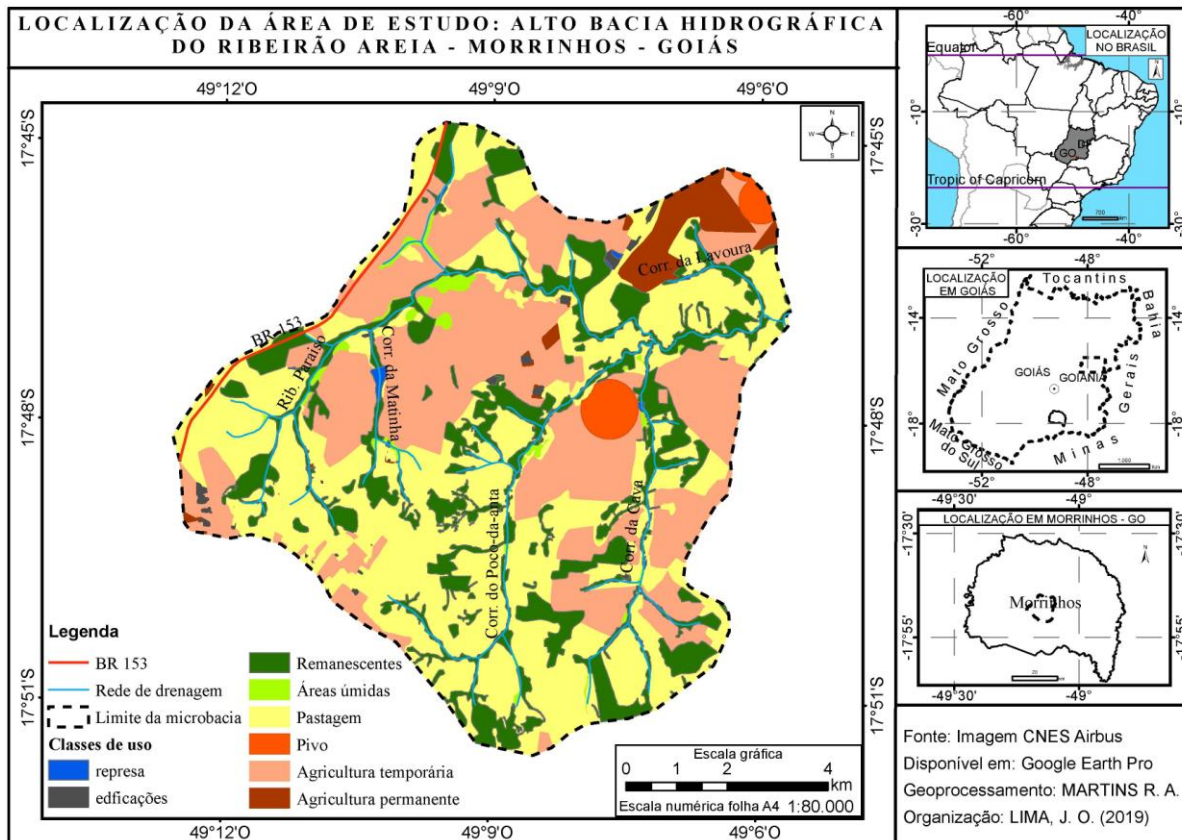
A escolha da Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso foi com base na representatividade em relação a suas características físicas, sociais e econômicas para o município, além do que os trabalhos relacionados ao sistema hidrológico em Morrinhos, até o momento, estão pautados em algumas análises qualitativas. Segue daí a importância de se fazer um estudo que contemple dados quantitativos para uma melhor avaliação do uso atual e potencial dos recursos naturais, em especial, o hídrico.

A necessidade de se compreender melhor as diversas unidades que compõem as bacias hidrográficas foi sendo expressas, sob o ponto de vista quantitativo, por meio do uso do método de análise morfométrica através dos parâmetros: hierarquização da rede de drenagem, relação de bifurcação, índice de circularidade, densidade hidrográfica e dos rios, índice de rugosidade, dentre outros. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local e podem ser aplicados em diferentes dimensões, indo até as menores unidades de estudo, como as micro bacias, que ainda podem ser divididos pelo alto, médio e baixo curso do rio principal, sem que se perca a totalidade das informações referentes às diversidades sócio-ambientais da bacia hidrográfica como um todo.

Sendo assim, o trabalho apresenta como objetivo a quantificação dos parâmetros morfométricos da Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso, utilizando de informações geológicas, geomorfológicas, que segundo Jorge e Uehara (1988) “a atitude das camadas bem como estruturas geológicas, influem tanto na topografia e forma da bacia, como também no padrão de drenagem”. Com esse fim resolveu-se: analisar a área, o perímetro, a altimetria e o escoamento, além da ordenação dos canais.

Os resultados aqui apresentados fazem parte do Projeto “Manejo e Conservação dos Recursos Naturais em Áreas de Cerrado”, desenvolvido na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Morrinhos.

ÁREA DE ESTUDO: A Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso localizada a 8 km ao sul da cidade de Morrinhos, está compreendida entre a latitude 17° 49'20'' Sul e a longitude 49° 09'06'' Oeste, possui uma área aproximada de 97,29 Km², correspondendo a 3,4% da área do município (Figura 01), insere-se fundamentalmente na grande unidade geomorfológica conhecida como Planalto Rebaixado de Goiânia.



O clima, segundo a classificação de Koppen, se enquadra no tipo Aw, regime pluvial quente e semi-úmido, sendo que o período chuvoso vai de outubro a abril e o período seco de maio a setembro. De acordo com os dados da Estação Meteorológica da Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Morrinhos (UEG/UnU-Morrinhos), a temperatura média das máximas é de 29,4°C; média das mínimas, 16,5°C. A umidade relativa do ar média anual é de 66%, apresentando o mês de agosto o menor índice (40%) e, janeiro, o maior (85%). A precipitação pluvial (chuvas) média anual gira em torno de 1.500mm.

Não há destaque para a fauna, alguns animais caminham para a extinção. Quanto à flora, existem algumas matas, nas quais se destacam espécies como: aroeira, cedro, jacarandá, além de algumas plantas medicinais: quina, douradinha, chapéu-de-couro etc.

De acordo com a geologia e a geomorfologia a micro bacia apresenta relevos predominantemente suaves ondulados, às vezes, bastante dissecado, com topo convexo ou aguçado, alta densidade de drenagem. Localiza-se sobre litologias do grupo Araxá, as rochas são cobertas, segundo o Zoneamento Ecológico – Econômico da Microrregião Meia Ponte (1999), por solos pouco profundos e rasos, não hidro mórficos, são solos com minerais poucos profundos ou rasos, não hidro mórficos, com argila de atividade alta, pouco desenvolvidos. Ocorre na área a presença de cascalho. Estas condições naturais atraíram para essa região os criadores de gado, porém, nos últimos anos, com advento de novas tecnologias (A tecnologia é a grande aliada do homem, na produção agrícola. No entanto, para que a tecnologia possa ser utilizada de forma adequada em benefício do homem, cada vez mais tem que demonstrar um interesse necessário ao conhecimento. Somente através do conhecimento seremos capazes de utilizar de forma correta as tecnologias que são disponibilizadas a todo instante), devido a essas tecnologia percebemos um aumento significativo da agricultura, principalmente a irrigada, com destaque para a soja, arroz, milho, feijão e tomate industrial. A classe de solo predominante na micro bacia e o latossolo vermelho escuro, com ocorrência de cambissolo e pedzólico vermelho escuro.

A inovação das formas de uso e ocupação das terras da área de estudo acarretou uma nova demanda dos recursos hídricos modificando, assim, o comportamento dos canais e, conseqüentemente, o transporte de sedimentos, provocando o assoreamento dos mananciais, alterando, de forma significativa, a cobertura do solo, provocando, portanto, um desequilíbrio no ciclo hidrológico, já que aumenta o escoamento superficial e diminui quantidade de água infiltrada. Todo curso d'água normalmente apresenta um equilíbrio em relação

ao transporte de sedimento, seja por arrasto ou saltitação junto ao leito, seja em suspensão na corrente, e existe uma tendência natural para que este seja depositado quando o fluxo natural de sedimentos ao encontrar água com menor velocidade (alteração do fluxo) começa a se depositar, conforme a maior ou menor granulação das partículas e a menor ou maior turbulência do escoamento. (GLYMPH. 1973, CARVALHO. 2000). Em decorrência, ampliam a produção de sedimentos acarretando um empobrecimento, ainda maior, da fertilidade do solo e erosão das margens. Para Bertoni & Lombardi Neto (2005), a erosão é produto da interação de forças ativas como as características da chuva, declividade e comprimento do terreno e a capacidade de absorver água do solo e, as forças passivas, constituídas pela resistência do solo à abrasão da água, bem como, pela densidade da cobertura vegetal.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo proposto para a rede de drenagem da Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso foi dividido em cinco fases: a primeira se refere à delimitação da bacia. Esse trabalho contou com o apoio do material editado pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Humanos e Habitação (Zoneamento Ecológico - Econômico da Microrregião Meia Ponte, 1999), disponibilizado em vetores no formato shapefile, pelo SIEG. Essas formas digitais que expressa a representações do relevo tem auxiliado de forma significativa a delimitação de bacia. A segunda se refere à hierarquização ou ordenação da rede de drenagem. Para esse trabalho utilizou-se o método proposto por Strahler (1952), o qual modificou o sistema de Horton (1945), responsável pelas leis de organização das redes de drenagem. O método de Strahler, para ordenar certo curso d'água onde cada confluência refaz-se a numeração, suprime o conceito de Horton onde o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em todo a sua extensão. Strahler simplificou os objetivos dos estudos morfométricos. A terceira foi à análise areal da rede de drenagem, entendendo, assim, as aferições realizadas ao longo da linha de escoamento. A quarta refere-se à análise linear. Nesse momento observou-se que para fins de classificação dos padrões de drenagem devem-se avaliar as influências morfogenéticas, disposição das rochas, litologia, geomorfologia e declividade, entre outros. E, por último, a análise hipsométrica que corresponde a altimetria entre a altitude da foz a maior altitude situada em um ponto qualquer da bacia.

Em seguida, através de interpretação de imagens de satélites CBERS-2, sensor CCD, resolução espacial de 20m, órbita 158, ponto 120, na composição colorida 3R, 4G e 2B de setembro de 2007; da carta topográfica Morrinhos, Folha SE 22-X-D-I, escala 1:100.000 de 1974, buscou a transformação de cada elemento em uma unidade de medida. O objetivo foi instituir um processo de medição que possibilitasse a quantificação dos elementos da morfometria para a micro bacia. A realização de tal procedimento se deu através do processamento digital das imagens (PDI). Os *softwares* utilizados para vetorização e finalização desse trabalho foram o Spring 4.3.3 e ArcGis 9.2. Após a confecção dos mapas passou-se ao processamento dos dados digitais de elevação e drenagem. Vale ressaltar que mensuração da rede de drenagem foi realizada nos dois *softwares*, fazendo uso das ferramentas “medida de classe”, “*attribute table*” e “*Statistics*”, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso, está inteiramente na zona rural, onde está localizada em uma área de 97,29km², dividida entre duas grandes atividades agrícolas e pastoris, que são de extrema importância para nosso município. Os trabalhos pastoris, praticada em 38,5km² ou 39,6% da área, são o principal desempenho para a econômica desenvolvida na micro bacia, representada pela bovinocultura de leite e corte a bovinocultura de corte é uma atividade econômica relevante no país, sendo responsável por 8,7% do PIB brasileiro em 2004, além de transformar o Brasil, no maior exportador de carne bovina in natura do mundo (ROSA; NOGUEIRA, 2005, p. 3). As pastagens utilizadas para a bovinocultura são as do gênero *Brachiaria*, pelo fato de fornecerem uma boa proteção para o solo, quando bem administrada, na maioria das vezes, não são empregadas técnicas conservacionistas adicionais em áreas de pastagens (Zoneamento...1999).

A agricultura ocupa 42,0km², (43,2% do total da microbacia), sendo duas culturas presentes a de sequeiro, sequeiro que cuja o cultivo é sem irrigação tendo em vista que a agricultura de sequeiro depende de técnicas de cultivo específicas, que permitem um uso eficaz e eficiente da limitada humidade do solo e a irrigada,

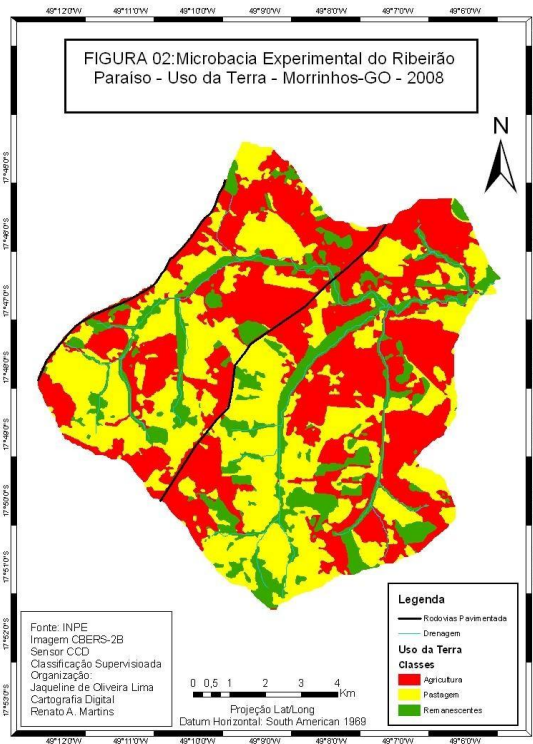
onde encontram-se condições favoráveis ao cultivo, tais como solos propícios, relevo plano e clima adequado.

Na área de estudo, observa-se que a lavoura de soja é a mais difundida entre os proprietários. Esta cultura aparece nas áreas de topografia plana, pois conta com a mecanização em todas as fases de seu cultivo, além do uso intensivo de agrotóxicos.

O plantio direto, vem como um sistema de produção que requer cuidados na sua implantação, mas também ao rendimento das culturas e promove uma maior competitividade dos sistemas agropecuários. Ele tem como objetivos reduzir o potencial de contaminação do meio ambiente e oferece ao agricultor a maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o Sistema Plantio Direto é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários é muito adotado na maioria das propriedades onde se produz soja e milho. Esta técnica auxilia na conservação também dos solos, uma vez que não ocorre o seu revolvimento e a cobertura morta depositada na camada superficial evita o impacto direto das gotas de chuva, evitando a erosão dos solos. O cultivo do feijão, do arroz e do tomate industrial, também é representativo para a microbacia, alcançando bons resultados e atualmente esta sendo um dos sistemas de irrigação mais utilizados para o cultivo de soja, milho, tomate industrial e outras culturas na região do Cerrado é o pivô central (LANDAU; GUIMARÃES; REIS, 2013). Geralmente estes cultivos aparecem em associação com outras culturas de menor importância.

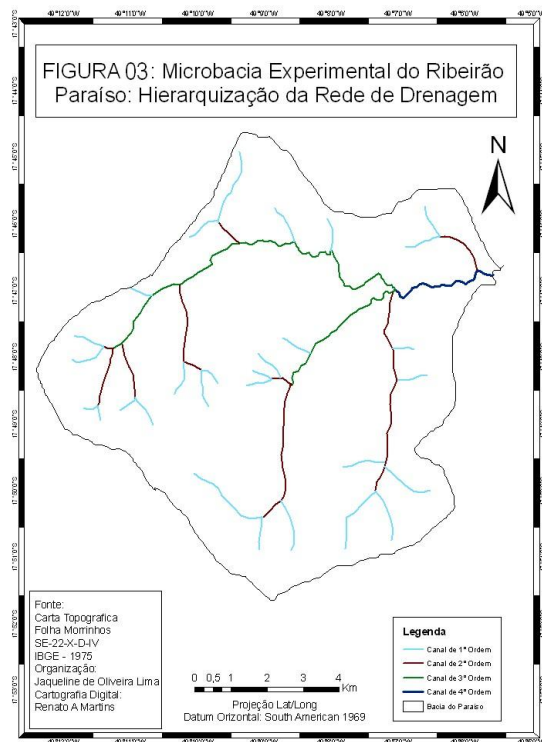
Vale acrescentar que, a lavoura irrigada tem crescido muito, existindo áreas com uma boa concentração de pivôs centrais, considerando o tamanho da microbacia, como nos interflúvios mais planos ou suavemente ondulados, com sérios conflitos de uso da água já eclodindo. Todos equipamentos são movidos à energia elétrica, sendo adotado predominantemente o sistema de irrigação por aspersão via pivô central. O Sistema motomecanizado, caracterizado por irrigar grandes áreas, requer pouca mão de obra, apresenta facilidade em automação e quimificação, boa uniformidade de aplicação e facilita a sucessão de culturas por não precisar ser removido para plantio, tratos culturais nem colheita (SANDRI; CORTEZ, 2009; CARVALHO; OLIVEIRA, 2012)

A vegetação natural representa 17,2% do total da área da microbacia (16,7 km²). As áreas de Cerrado, Matas de Galerias e Tensão Ecológica foram as mais devastadas, provavelmente, em função do relevo plano e favorabilidade ao estabelecimento das atividades agropecuárias e também para áreas de atividades agrícolas, que exige um relevo plano e extenso para cultivar diversas plantações em um só local. Observa-se que a composição de vegetação natural, em grande parte, sofreu alterações em função da intervenção antrópica, constituindo uma vegetação secundária. Portanto, a vegetação natural é constituída de remanescentes e onde elas ocorrem algumas mudanças, formando-se os relevos convexos e agudos (Figura 02).



Morfometria: Na área de estudo, segundo o método proposto, foram calculados índices e valores empregados na análise morfométrica, ou seja, o trabalho inicia-se pela hierarquização fluvial que de acordo com Cristofolletti (1980), “consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso d’água (ou da área drenada que lhe pertence), no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra”. Sua função foi facilitar o entendimento morfométrico da área de estudo.

Os critérios de ordenação dos cursos de água foram aqueles definidos por Horton (1945), e modificado por Strahler (1952), ou seja, para Strahler os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem podendo receber afluentes de segunda e primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem e podem receber tributários de ordens inferiores (Figura 03).



A análise da figura 03, Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso: Hierarquização da Rede de Drenagem, forneceu-nos resultados quanto à quantidade de cursos d'água e suas representatividades. O Ribeirão Paraíso apresentou, evidentemente, o maior número de grandeza (Lu), quarta ordem com 3,4 km de extensão, para os demais foram quantificados, terceira ordem 15,4 km, segunda ordem 19,0 km e primeira ordem 30,4 km, perfazendo um total de 68,2 km. Possuindo, portanto, 29 canais de primeira, 9 de segunda, 2 de terceira e 1 de quarta ordens, totalizando 41 canais (Nu). Para a distribuição da porcentagem de canais na Micro bacia foram contabilizados os seguintes valores: 70,7%, para os canais de primeira ordem, 21,9% para os de segunda, 4,9% para os terceira e 2,5% para os de quarta (Tabela 01).

Tabela 01: Análise Linear da Rede Hidrográfica da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso

Ordem	Número de Seguintos (Nu)	Σ Comprimento Médio dos Canais (Lu) Km	% de Canais	Comprimento Médio dos Canais (Lm) Km	Relação de Bifurcação (Rb)	Relação entre o Comprimento Médio dos Canais de cada Ordem (RLm)	Relação entre o Índice do Comprimento Médio dos Canais e o Índice de Bifurcação (RLb)
1º	29	30,4	70,7	1,0	....	....	....
2º	9	19,0	21,9	2,1	3,2	2,1	0,7
3º	2	15,4	4,9	7,7	4,5	3,7	0,8
4º	1	3,4	2,5	3,4	2,0	0,4	0,2

Total	41	68,2	100	....	....	....	....
Fonte: Confeccionada a partir da Hierarquização da Rede de Drenagem							

Com a obtenção dos dados da tabela 01 foi possível quantificar os comprimento médios dos canais (L_m), que apresentaram os seguintes resultados: primeira 1 km, segunda 2,1km, terceira 7,7 km e quarta 3,4km ordens. Segundo Chistofolletti (1980), de acordo Horton (1945), “o comprimento dos canais pode ser representado pela letra L. “Cada ordem dos canais podem ser representado pela letra u, a soma total dos comprimentos dos canais de água da bacia será representado por L_t ”. Para esse cálculo dividiu-se a soma dos comprimentos médios dos canais de cada ordem L_u pelo número dos seguimentos encontrados na respectiva ordem N_u .

Logo após essa quantificação foram calculadas as relações de bifurcações (R_b), ou seja, “a relação entre o numero total de segmentos de determinada ordem (N_u) e o numero total dos segmentos da ordem imediata superior (N_{u+1})” (Horton, 1945), chegando aos seguintes resultados: 3,2 para os seguimentos de segunda ordem, 4,5 para os de terceira, 2,0 para os de quarta e 3,2 para a micro bacia. Para Summerfield (1991) “estes números variam levemente entre diferentes ordens sucessivas na bacia (entre a primeira e segunda ordem, segunda e terceira ordem e assim por diante)”, isto quer dizer que essa variável deve ser usada para toda a bacia. Straller (1952), enfatiza que os valores característicos da relação de bifurcação estão entre 3,0 e 5,0. O valor encontrado para a micro bacia foi de 3,2, pode-se desta forma concluir que segundo Oliver (1979), “um baixo valor pode conduzir a maiores picos de escoamento concentrado com potencial a enchentes principalmente em setores localizados a jusante”. Esse indicador é importante no sentido de caracterizar o escoamento da micro bacia. Ao analisar essa variável para a área de estudo entende-se que há possibilidade de enchentes, em especial, no baixo curso.

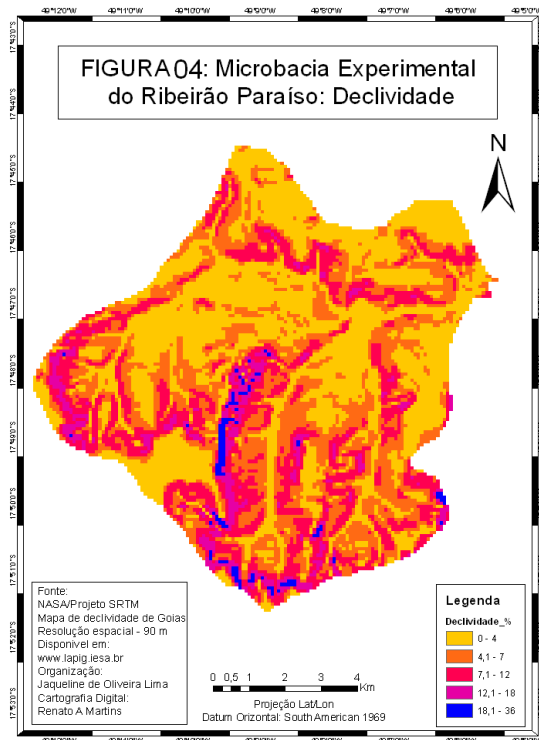
Considerando a soma do comprimento total de todos os canais da Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso podemos concluir que ela possui 68,2 km de escoamento superficial.

A partir desse dado quantificou-se à densidade de drenagem (Dd), sendo de 0,70 km/km² considerada baixa, indicando, assim, uma baixa capacidade hídrica superficial. A densidade de drenagem é um fator importante na distribuição do sistema de drenagem de uma bacia, sendo expressa pela relação entre o total do comprimento de todos os canais da rede.

Para a densidade hidrográfica (Dr), relação entre o número de rios e a área da bacia, o valor quantificado foi de 0,42 rios/km². A finalidade da quantificação desse fator foi, segundo Cristofolletti (1980), “comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existente em uma área de tamanho padrão com o km²”.

Outro parâmetro morfométrico analisado foi o índice de circularidade (Ic) que apresentou um valor de 0,67, portanto, a micro bacia demonstra uma forma mais circular, com tendência ao não favorecimento ao escoamento superficial e, conseqüentemente, propensa à ocorrência de inundações. Em bacias que apresentam índices de circularidade por volta de 0,51 representam um nível moderado de escoamento, não contribuindo para a concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Já valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação. (Miller,1953 e Schumm,1956). Esse dado foi quantificado a partir da relação entre da área (97,29 km²) e o perímetro da micro bacia (42,8 km).

A micro bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso apresenta uma amplitude altimétrica de 215 m, sendo o ponto mais alto, com 915 m, perto da nascente e o ponto mais baixo, com 700 m na foz. A partir dessa informação foi possível quantificar o a relação de relevo (Rr), que segundo Shumm (1956), a Rr é dada através da amplitude altimétrica e a extensão da bacia, ou seja, seu comprimento. O valor encontrado para a área em foco foi 0,02, sendo considerado baixo. Observa-se que esse dado demonstra o grau de dissecação da área, ou melhor, quanto maior o valor maior a dissecação. Com relação da declividade observa-se que a área de estudo apresenta valores entre 0 a 36% (Figura 04).



A declividade de uma área é extremamente importante, principalmente no que se refere à distribuição da água entre o escoamento superficial e infiltração, no entanto, analisando as informações da Tabela 02 verifica-se, a Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso possui relevos entre as categorias planos e fortemente ondulados, com destaque para os planos, suavemente ondulados e ondulados. Assim a velocidade do escoamento superficial, dependerá, entre outros fatores, da quantidade de chuva, tipo de solos, cobertura vegetal, além da declividade. Com a combinação das variáveis, amplitude altimétrica e densidade de drenagem quantificou-se a o índice de rugosidade (I_r), obtendo o seguinte valor 0,31 (adimensional). Pode-se dizer que a densidade de drenagem micro bacia está intimamente relacionada com a altitude topográfica, ou seja, áreas com alta densidade de drenagem e pequena amplitude altimétrica são tão rugosas quanto áreas de baixa densidade de drenagem e elevada amplitude altimétrica (Patton, 1988).

Tabela 02: Classificação da Declividade

Declividade % da Micro bacia	Classificação Segundo a Embrapa (1979)	
	Declividade	Discriminação
0 – 4	0 – 3	Relevos planos
4,1 – 7	3 – 8	Relevos suavemente ondulados
7,1 – 18	8 – 20	Relevos ondulados
18,1 – 36	20 - 45	Relevos fortemente ondulados
	45 – 75	Relevos montanhosos
	>75	Relevos fortemente montanhosos

Fonte: Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso: Declividade - Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979)

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso – Morrinhos - Go de acordo com a interpretação dos parâmetros morfométricos apresentou uma forma mais circular, possibilitando, assim, um maior risco de enchentes.

Com uma área total de 97,29 km² e um perímetro de 42,8 km a micro bacia possui uma hierarquia fluvial de quarta ordem, sendo seus tributários pequenos canais de primeira (29), de segunda (9), e de terceira (2) ordem.

A pequena densidade de drenagem na ordem de 0,70 km/km² e a distribuição, em sua maioria, do relevo nas categorias planos e suavemente ondulados, leva-nos a deduzir ser um dos principais elementos do uso das terras, ressaltando que a micro bacia apresenta amplas áreas com baixa declividade facilitando a implementação da agricultura mecanizada.

O padrão de drenagem, formando um traçado que lembra os galhos da copa de uma árvore, é do tipo dendrítico. No que se refere ao uso das terras, a micro bacia, assim como no município tem sua economia embasada na agropecuária, sendo a pecuária o setor produtivo de maior representatividade. Nos interflúvios planos e suavemente ondulados nota-se um alto grau de mecanização, inclusive com o uso de equipamentos do tipo pivô central, em contrapartida nos terrenos ondulados, ainda, é utilizado à tração animal para no preparo do solo. Observa-se, ainda, que o alto índice de áreas antropizadas pelo uso agropecuário em detrimento da vegetação natural refletiu no grau de comprometimento do meio biótico na área estudada.

Finalmente, um estudo sistemático do meio físico, como clima, vegetação, geologia, geomorfologia, tipos de solos, além do comportamento hídrico, aliados ao entendimento dos processos de uso e ocupação das terras poderiam propor um plano de desenvolvimento gestão dos recursos naturais e conseqüentemente evoluir na qualidade ambiental da Micro bacia Experimental do Ribeirão Paraíso.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGENTO, M. S. F. **Mapeamento Geomorfológico** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 1995.

AGENCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html>. acesso em 29 abril 2019.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. Ícone: São Paulo, 2005. 355p.

CHIRSI TOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 1980.

DREW, D. *Processos interativos homem-meio ambiente*. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS 1979.

GLYMPH.L.M. **Sedimentation of Reservoirs**. IN; ACKERMANN.W.C et al , ed. *Man –made lakes: their problems and environmental*. Washington DC. American Geophysical Union 342-348p. 1973.

HORTON, R. E. *Erosional Development of Streams and Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*. Geological Society American Bulletin: 1945. p. 275 – 370.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <<http://www.inpe.br>> - 69 K, acesso em 09 jun. 2008.

JORGE, F. N. DE & UEHARA, K. **Águas de Superfície**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. (Org.) *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE, 1988.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J. Index: **mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal**. Boletim de Pesquisa, n. 77, p. 8, 2013. Disponível em: Acesso em: 29 abril 2019

MILLER, V. C. *A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area*. Technical Report (1953), (3), Dept. Geology, Columbia University.

OLIVER, J. E. *Physical Geography: principles and Applications*. Massachusetts: Duxbury Press North Scituate: 1979. p. 547-591.

PATTON, P. C. **Morphometry and Floodes**. In: BAKER, V.; HOCHES, R.C. & PATTON, P. C. *Flood Geomorphology*. New York/Chichester/Brisbane/Singapore. John Willy & Sons, 1988. p 51 – 64.

ROSA, Fabiano R. Tito; NOGUEIRA, Maurício Palma. **Característica do Mercado da pecuária de Corte**. São Paulo: BeefPoint, 2005. **A pecuário no Brasil e no mundo: perspectivas**. São Paulo: BeefPoint, 2005 p. 03

SANDRI, D.; CORTEZ, D. **Parâmetros de desempenho de dezesseis equipamentos de irrigação por pivô central**. *Ciência e Agro tecnologia* v. 33, n. 1, p. 271-278, 2009.

SCHUMM, S.A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. *Bulletin of Geological Society of America*, n. 67, 1956. p 597-646.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO. Disponível em: <www.sieg.gov.br> - 69 K, acesso em 02 maio 2008.

STRAHLER, A. N. *Physical Geography*. New York/London/Sidney/Toronto. John Willey & Sons, 1952. p. 26 – 127.

STRAHLER, A. N. **Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks**. In: CHOW, V. T. *Handbook of Applied Hydrology*. New York McGraw-Hill, 1964. p. 440 – 474.

SUMMERFIELD, M. A. *Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms*. London: Longman, 1991.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DA MICRORREGIÃO DO MEIA PONTE. Goiânia: Convênio SEA – PR/SEMARH-GO. N. 011/96, v. I e II, 1999.

PRODUTIVIDADE DE ALHO VERNALIZADO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

LOURDES SANTINA WILPERT¹; LEOSANE CRISTINA BOSCO²; CAROLINA DO NASCIMENTO LONGHI³

Autor para correspondência: lourdeswilpert@hotmail.com

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC; ²UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC; ³UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

RESUMO

O trabalho teve por objetivo analisar a influência da vernalização nas cultivares de alho nobre Ito, Chonan e San Valentin com experimentos realizados nos anos de 2014, 2015 e 2018 no município de Curitibanos – SC, nos seguintes padrões de produtividade: número de bulbilho por bulbo, diâmetro do bulbo, massa do bulbo, produtividade e classificação (tamanho de bulbo). Os bulbos das três cultivares de alho nobre foram submetidos a 4°C com períodos de vernalização de 20 dias nos anos 2014 e 2015 e 10, 30 e 45 dias no ano de 2018. O tratamento testemunha correspondeu aos bulbos não vernalizados. Após a colheita os bulbos passaram pelo processo de cura em galpão ventilado e, posteriormente dez bulbos de cada parcela foram submetidos a medidas e pesagem para determinação dos componentes de rendimento. O número de bulbilhos foi determinado pela contagem dos bulbilhos por bulbos, diâmetro de bulbo medido com paquímetro, massa de bulbo com pesagem dos bulbos em balança de precisão, produtividade calculada em t ha⁻¹ e a classificação feita a partir do diâmetro do bulbo, seguindo os parâmetros de classificação do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os resultados estatísticos foram submetidos ao *Software R Stúdio* para geração de gráficos e estatística. As cultivares Ito e Chonan tiveram respostas estatisticamente significativas quando submetidas à vernalização, nos padrões de produtividade citados acima nos três anos de experimento. De acordo com os resultados de 2018, o período de 30 dias de vernalização possibilitou melhores respostas em comparação aos demais períodos. Os componentes de produtividade para a cultivar San Valentin não variaram em função da vernalização.

PALAVRAS-CHAVE: *Allium sativum* L; Componentes de rendimento; Temperatura

YIELD OF VERNALIZED GARLIC IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the influence of the vernalization in the cultivars of noble garlic Ito, Chonan and San Valentin with experiments carried out in the years 2014, 2015 and 2018 in the municipality of Curitibanos - SC, in the following productivity standards: number of bulb per bulb, bulb diameter, bulb mass, productivity and classification (bulb size). The bulbs of the three cultivars of noble garlic were submitted to 4 ° C with vernalization periods of 20 days in the years 2014 and 2015 and 10, 30 and 45 days in the year 2018. The control treatment corresponded to the non-vernalized bulbs. After the harvest, the bulbs passed through the curing process in a ventilated shed and, afterwards, ten bulbs of each plot were submitted to measurements and weighing to determine the yield components. The number of bulbs was determined by bulb counts per bulb, bulb diameter measured with pachymeter, bulb mass with bulbs weighing in precision scale, productivity calculated in t ha⁻¹ and the classification made from the diameter of the bulb, following the classification parameters of the Ministry of Livestock and Supply (MAPA). The statistical results were submitted to the software R Stúdio for graph generation and statistics. The Ito and Chonan cultivars had statistically significant responses when submitted to vernalization, in the productivity patterns mentioned above in the three years of experiment. According to the results of 2018, the period of 30

days of vernalization allowed better responses in comparison to the other periods. The productivity components for the San Valentin cultivar did not vary according to the vernalization.

KEY-WORDS: *Allium sativum* L; Performance components; Temperature

INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma cultura antiga no mundo, onde foi primeiramente usada pelos soldados em tempos de guerra, pois era significado de força e coragem aos batalhadores antes dos confrontos. Desde essa época sua utilização como condimento na culinária, tanto in natura como industrializado vem sendo seu principal uso. Pesquisas recentes na área de medicina buscam a relação do consumo do alho com o tratamento para várias doenças como o câncer e diabetes, por exemplo, (TRANI, 2009).

Devido a sua grande importância, e por ser uma cultura que necessita de alto investimento para cultivo, evidencia-se na literatura estudos sobre ciclo, manejo, cultivares adaptadas para determinadas regiões, vernalização de alho nobre, irrigação, ponto de colheita, pós-colheita, qualidade físico-química, entre outros (SOUZA, MACEDO, 2004).

Segundo dados da FAOSTAT (2019), a China vem liderando há alguns anos o ranking de principal produtor de alho no mundo, no ano de 2017 representou 80% desse mercado. Em segundo colocado a Índia produzindo 5,3% do total mundial. E em décimo sexto lugar, o Brasil, com representatividade de 0,5% da produção mundial. De acordo com o IBGE (2018) a produção brasileira de alho vem apresentando crescimento ao longo dos anos. Sendo que no ano de 2017 a área colhida foi de 10.687 hectares com rendimento médio de 11.418 kg/ha. Essa produção está concentrada em quatro estados (MG, SC, RS e GO) os quais juntos representam mais de 86% da produção nacional. No entanto, mesmo com um total de 122 mil toneladas produzidas em 2017, e com os avanços em produção e produtividade alcançadas na última década na cultura do alho, o Brasil ainda produz menos que a metade do seu consumo interno. Situação que indica um potencial para o mercado interno brasileiro, porém com necessidade de alternativas para problemas na cadeia produtiva da cultura e alienação de tecnologias para redução dos custos de produção e alcance de maior produtividade.

Entre as tecnologias utilizadas no cultivo do alho, destaca-se a técnica da vernalização. Esta é aplicada nos bulbos de alho antes do plantio, com a finalidade de tornar as plantas menos exigentes em fotoperíodo e temperaturas baixas, permitindo a diferenciação e formação de bulbos em locais que não possuem as condições climáticas adequadas e reduzindo o ciclo das cultivares nos locais mais adequados para cultivo (YURI et al., 2004). A descoberta dessa técnica possibilitou o cultivo de alho nas regiões Sudeste e Centro Oeste, as quais se tornaram as maiores produtoras dessa hortícola no país. Essa técnica é aplicada em torno de 60 dias antes do plantio com a submissão dos bulbos semente em câmaras frias com baixa temperatura (3 a 5°C) para superar a dormência, induzir a fase reprodutiva do bulbilho e conseqüentemente reduzir o ciclo da cultura (RESENDE, 1997).

A região Sul representa 44% da área plantada no Brasil, sendo que Santa Catarina é o maior produtor da região. A cultura do alho em Santa Catarina teve seu início como atividade econômica nos anos de 1960, no município de Curitiba, onde a partir disso tornou-se uma referência nacional na produção da hortaliza, principalmente pela qualidade de seus alhos nobres. O município de Curitiba conhecido como berço da cultura no Estado, juntamente com mais quatro municípios vizinhos representam 75% da produção estadual de alho. Assim o histórico da cultura nessa região, gerou uma grande identidade nos produtores com a cultura, além de ser cultivado em pequenas áreas, com cultivo manual, característico de pequenas propriedades, as quais tem carência de informações e recomendações sobre o efeito da vernalização na produtividade e qualidade do alho. A vernalização, comumente é praticada pelos produtores da região usando-se períodos de 20 a 30 dias em câmara fria entre 3 a 5°C, embora ainda não existam recomendações bem definidas para esse fim para as diferentes cultivares utilizadas.

Devido ao alho ser referência nessa região, desenvolveu-se trabalhos na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, visando buscar alternativas e maior conhecimento básico para a cultura, pois, estudos referentes à temperatura e duração do período de vernalização, por exemplo, são escassos na região Sul.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar a influência da vernalização nas cultivares de alho nobre Ito, Chonan e San Valentin com experimentos realizados nos anos de 2014, 2015 e 2018 em Curitibanos – SC, nos seguintes padrões de produtividade: número de bulbilho por bulbo, diâmetro do bulbo, massa do bulbo, produtividade e classificação conforme tamanho de bulbo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina (latitude 27°17'05'', longitude 50°32'04'' e altitude 1096 m). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropical úmido com verões amenos (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual de Curitibanos é 16,5°C e a precipitação anual de aproximadamente 1.480 mm (EMBRAPA, 2011). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Bruno Distroférrico (EMBRAPA, 2004).

Foram avaliadas três cultivares de alho nobre roxo: Ito, Chonan e San Valentin de ciclo precoce (125 dias), semi-precoce (140 dias) e tardio (150 dias) respectivamente. Sendo todas cultivadas na região de estudo.

Os experimentos foram conduzidos durante três anos: 2014, 2015 e 2018. Com datas de plantio: 21/06/14 (Ito, Chonan e San Valentin); 19/06/15 (Ito, Chonan e San Valentin); 07/06/18 (Ito); 14/06/18 (Chonan) e 16/07/18 (San Valentin), datas recomendadas pelo zoneamento agrícola da cultura. A adubação, controle fitossanitário e irrigação foram realizados segundo as orientações técnicas para produção de alho no estado de Santa Catarina. O cultivo e manejo foram feitos de acordo com as recomendações para a cultura do alho (Lucini, 2003). O plantio é realizado em canteiros com três linhas duplas por canteiro, com espaçamento entre linhas simples de 10 cm, entre duplas de 35 cm e entre plantas na linha de 12,5 cm.

Nos anos 2014 e 2015 os períodos de vernalização foram: 0 (testemunha) e 20 dias em câmara fria a 4,2°C. E em 2018 os períodos foram: 0, 10, 30 e 45 dias em câmara fria a 4,0 °C.

A determinação dos parâmetros de produtividade foi realizada a partir de seleção aleatória de 10 bulbos de cada parcela e tratamento. O número de bulbilho foi obtido pela contagem manual dos bulbilhos de cada bulbo; diâmetro de bulbo medido com paquímetro na posição transversal dos bulbos e obteve-se o resultado em milímetros. Para massa do bulbo, esses foram pesados individualmente em balança de precisão, com valores em gramas. A classificação foi feita a partir de medidas do diâmetro de todos os bulbos sadios de cada tratamento, para posterior classificação de acordo com o tamanho. A classificação dos bulbos é dada em classes conforme o diâmetro transversal: desclassificados/sem classe (< 32 mm), 3 (32 – 37 mm), 4 (37 – 42 mm), 5 (42 – 47 mm), 6 (47 a 56 mm) e 7 (> 56 mm), segundo a portaria nº 242, de 17 de setembro de 1992, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Menezes Sobrinho, 1997). A produtividade em t ha⁻¹ foi estimada a partir do resultado da massa do bulbo, a partir da média dos bulbos de cada tratamento, multiplicado pela quantidade de bulbos produzidos em um 1 m² e transformado para toneladas por hectare.

Aos dados foram realizados testes de normalidade e homogeneidade de variâncias e após, foram submetidos às análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o *software RStudio* (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

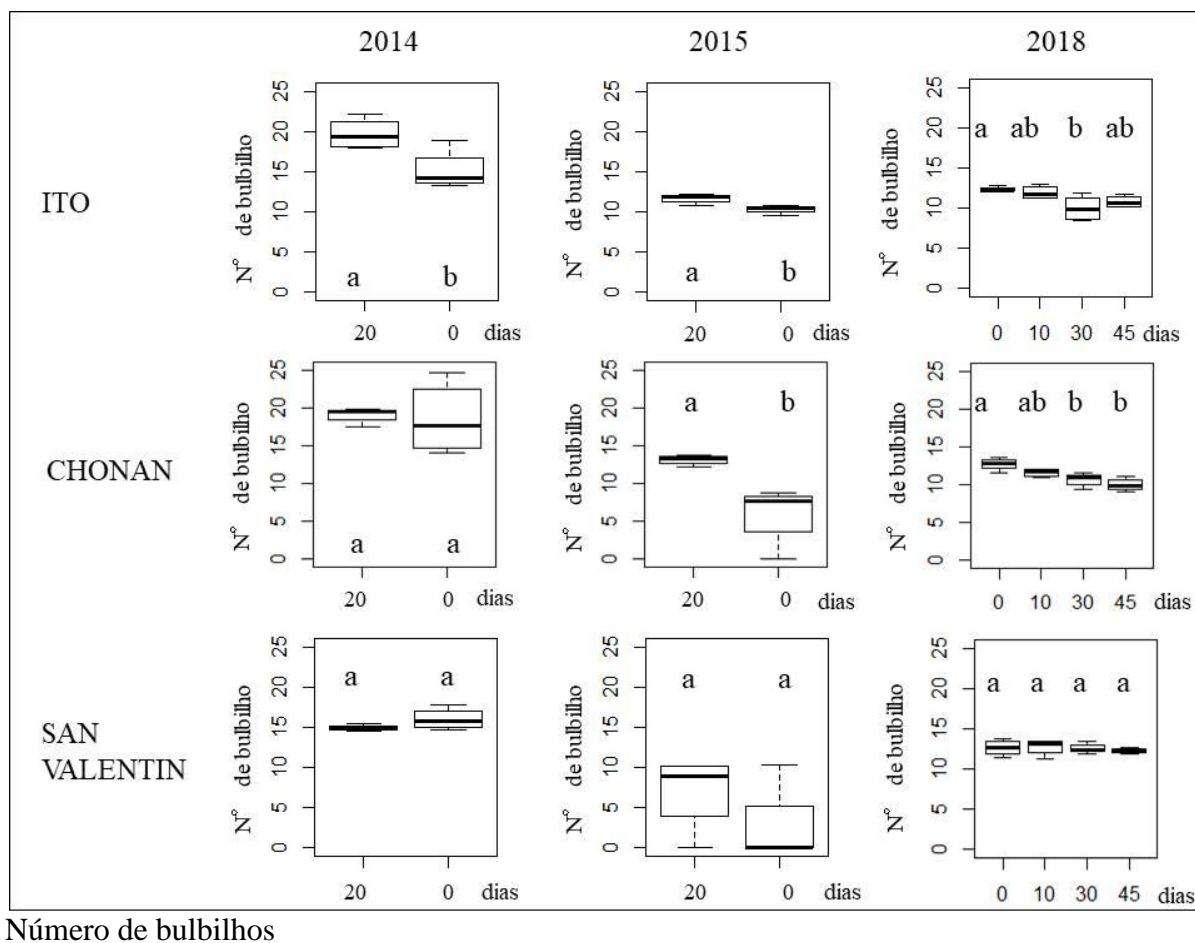
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os anos avaliados apresentaram particularidades com relação as respostas das plantas à variabilidade das condições meteorológicas de cada ano. O ano de 2014 apresentou bons índices pluviométricos, temperaturas do ar e radiação solar para pleno desenvolvimento das plantas. Segundo dados do IBGE (2018), a produção

foi recorde no estado de Santa Catarina, alcançando 11 t ha⁻¹. O ano de 2015 foi afetado fortemente pelo excesso de chuva devido à ocorrência do fenômeno El Niño, durante a primavera, período de formação dos bulbos do alho na região, influenciando também na época de colheita. E o ano de 2018 foi marcado pela grande pressão de doenças, com destaque para a ferrugem (*Puccinia polysora*) a qual se desenvolve em clima entre 23 a 27°C e com alta umidade relativa do ar. Sendo os três anos com características distintas, os resultados foram variáveis dentro da mesma cultivar nos diferentes períodos.

No parâmetro número de bulbilho por bulbo (Figura 1), a cultivar Ito apresentou diferenças estatísticas nos anos 2014, 2015 e 2018. Sendo que em 2014 e 2015 com 20 dias de vernalização as médias de número de bulbilhos foram maiores significativamente comparado àquelas sem vernalização (0 dias). No ano de 2018, no período sem vernalização (0 dias) observou-se maior número de bulbilhos. A cultivar Chonan em 2014 não apresentou diferenças significativas entre 0 e 20 dias de vernalização, porém em 2015 com 20 dias de vernalização foi estatisticamente maior que sem vernalização (0 dias). E no ano de 2018, no período sem vernalização (0 dias) observou-se o maior número de bulbilhos. Quando se analisou a cultivar San Valentin, a mesma tem característica singular de não ter apresentado diferenças significativas para nenhum dos três anos em todos os períodos quanto aos tratamentos com vernalização. Segundo Souza e Macedo (2004), em estudos com cultivares de alho nobre e 50 dias de vernalização, alcançaram médias variando de 8 a 13 bulbilhos/bulbo, resultados similares aos observados nas três cultivares analisadas durante o ano de 2018.

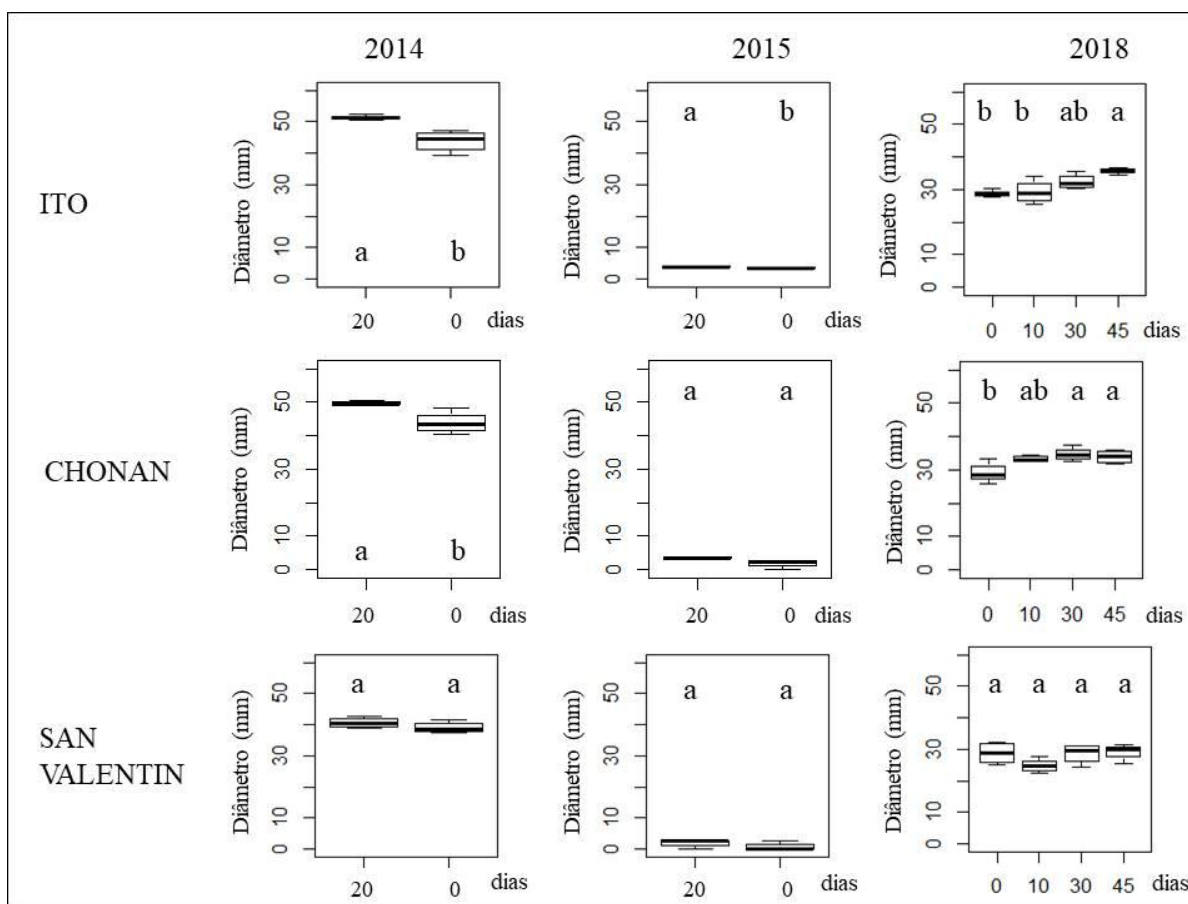
Resende et al. (2013), em avaliações de cultivares de alho, nos aspectos de rendimentos agrônomicos no Centro-Sul do Paraná, relatou dentre suas conclusões que o aumento do número de bulbilhos por bulbo são indicativos de aumento de produtividade. Porém, o aumento do número de bulbilhos nem sempre é sinônimo de maior valor comercial da produção, pois dependendo da sua quantidade por bulbo, ocorre a depreciação comercial devido à presença de bulbilhos muito pequenos conhecidos por *palito* (RESENDE, 1997). A portaria N° 242/92 do Ministério da Agricultura prevê que para pertencer ao grupo de alho nobre, dentre outras características, o bulbo deve apresentar no máximo 20 bulbilhos, valor o qual não foi ultrapassado nos resultados do experimento.



Número de bulbilhos

Figura 1: Números de bulbilhos das cultivares de alho Ito, Chonan e San Valentin submetidos a diferentes tempos de vernalização. Área do boxplot = 50% dos dados, barras superiores e inferiores = 25% de variação dos dados, linha contínua no interior do boxplot = mediana. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando a característica de diâmetro de bulbo (Figura 2), verificou-se que a cultivar Ito apresentou diferenças significativas nos três anos avaliados. Sendo que nos anos 2014 e 2015 em ambos os tratamentos com 20 dias de vernalização os diâmetros foram maiores comparados aos sem vernalização (0 dias). No ano de 2018 o tratamento com 45 dias de vernalização obteve o maior diâmetro de bulbo comparado aos demais tratamentos (0, 10 e 30 dias). A cultivar Chonan teve diferenças significativas no ano de 2014 para o tratamento de 20 dias de vernalização, porém no ano de 2015 não obteve diferenças significativas entre os tratamentos, o que pode estar fortemente ligado às condições climáticas deste ano, sendo que os tratamentos não conseguiram expressar com clareza os resultados. Em 2018, os tratamentos com 30 e 45 dias de vernalização apresentaram resultados superiores aos tratamentos de 0 e 10 dias. Essas análises do ano 2014 e 2018 para a cultivar Chonan e durante os três anos para a cultivar Ito, estão relacionadas a resultados encontrados por Resende e Silva (2015), em um trabalho onde realizaram uma análise de trilha da produtividade de alho em função de variáveis morfológicas relacionadas ao bulbo. Esses verificaram que a variável diâmetro de bulbo foi correlacionada de forma positiva com a produtividade (0,91), seguida do comprimento do bulbo (0,81), todavia como conclusão do estudo observaram que apenas o diâmetro apresentou efeito direto relevante sobre a produtividade. A cultivar San Valentin, seguiu com a mesma característica do parâmetro de número de bulbilho, não apresentando diferença significativa para nenhum tratamento nos três anos.



Diâmetro de bulbo

Figura 2: Diâmetro de bulbo das cultivares de alho Ito, Chonan e San Valentin submetidos a diferentes tempos de vernalização. Área do boxplot = 50% dos dados, barras superiores e inferiores = 25% de variação dos dados, linha contínua no interior do boxplot = mediana. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A cultivar Ito no ano de 2014 apresentou diferenças significativas, comparando-se 0 e 20 dias de vernalização. No ano posterior em 2015, essas diferenças não são visualizadas. Em 2018 o período de vernalização de 45 dias apresentou a melhor média comparada aos outros períodos (0, 10 e 30) com diferença significativa. Para a cultivar Chonan as diferenças entre 0 e 20 dias de vernalização são significativas tanto para 2014 quanto para 2015, porém 2014 com maior média de massa de bulbo. Valores que foram superiores aos alcançados por Mota (2003) em experimentos na Universidade de Lavras, com cultivares provenientes do estado de Santa Catarina, dentre elas a Chonan, submetidas a 50 dias de vernalização que apresentaram peso médio de bulbos comerciais de 29,3 g. Para o ano de 2018 o período de 30 dias de vernalização diferiu estatisticamente dos comparativos 0, 10 e 45 dias. Sendo que a cultivar San Valentin permaneceu como os outros parâmetros analisados, não respondendo estatisticamente em nenhum ano a diferentes períodos de vernalização (Figura 3).

Com exceção da cultivar San Valentin, as cultivares Ito e Chonan apresentaram resultados superiores de peso médio de bulbo, comparando-se com resultados alcançados por Lopes et al. (2016) em experimentos em Baraúna Rio Grande do Norte, para verificar o potencial produtivo da região, onde obtiveram peso médio de bulbo de 12,35 g.

Durante o ano de 2014 considerado normal climatologicamente para a cultura, as três cultivares alcançaram resultados semelhantes ao observado por Souza e Macêdo (2004) em experimentos na Universidade de Lavras com cultivares de alho nobre, os quais obtiveram massa média de bulbos comerciais de alho vernalizado variando entre 21,4 e 39,9 g.

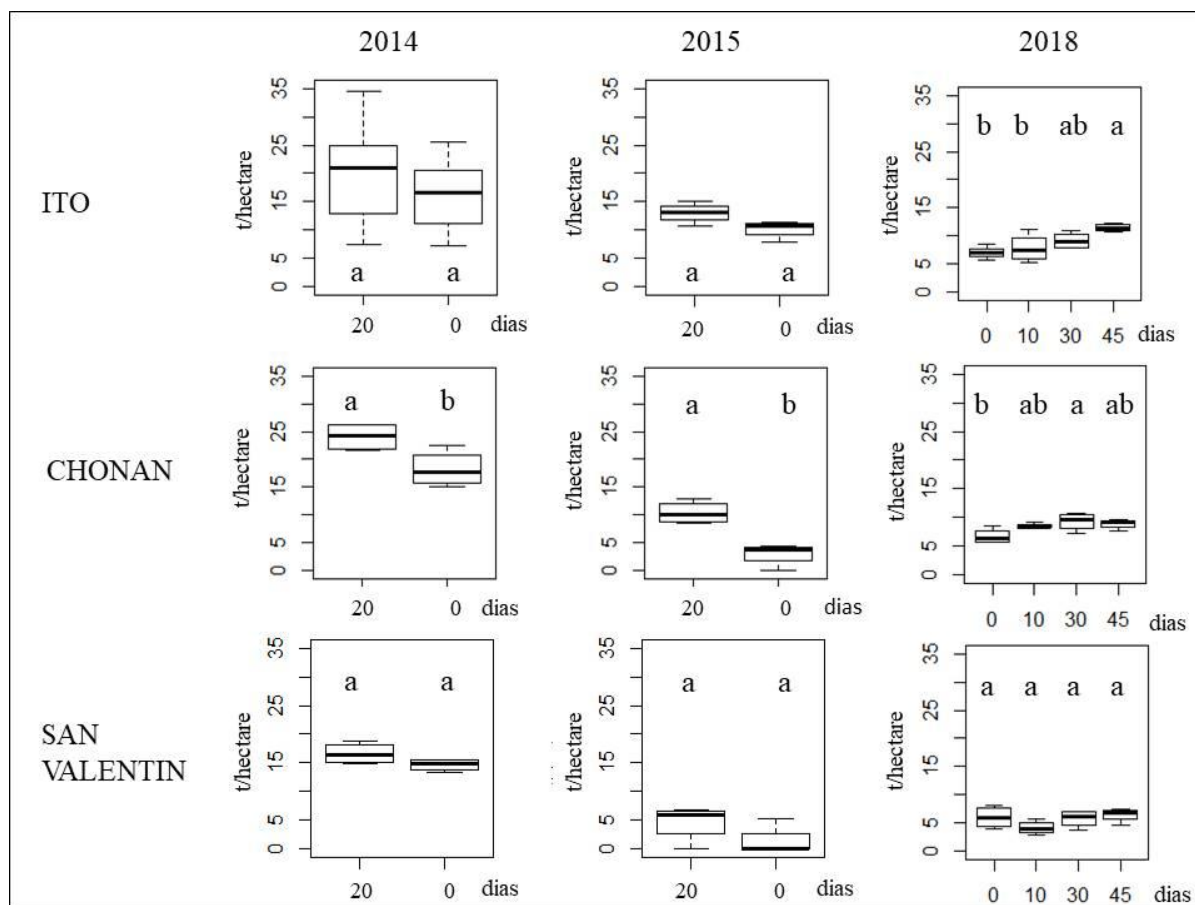
massa de bulbo

Figura 3: Massa de bulbo das cultivares de alho Ito, Chonan e San Valentin submetidos a diferentes tempos de vernalização. Área do boxplot = 50% dos dados, barras superiores e inferiores = 25% de variação dos dados, linha contínua no interior do boxplot = mediana. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando a produtividade em $t\ ha^{-1}$, percebe-se a mesma tendência de resultados do peso médio de bulbo, devido ambos serem referentes à massa da produção. Esse resultado é de grande importância para os alhicultores, sendo o resultado da lavoura, seguido da classificação, que se refere ao tamanho do bulbo. O tamanho ou classe dos bulbos são resultados de práticas de manejo adotadas e fortemente influenciados pelo comportamento meteorológico durante a safra da cultura. As médias de produtividade vêm apresentando crescimento com o passar dos anos, porém existe grande diferença de produtividade entre regiões brasileiras, devido a inúmeros fatores como uso de tecnologias, clima, manejos por parte dos produtores, entre outros fatores. O estado de Santa Catarina possui as melhores médias de produtividade da região Sul, e teve seu recorde no ano de 2014 com $11\ t\ ha^{-1}$ (IBGE, 2018), ano esse em que foi realizado experimento com alho em Curitiba e foram alcançados bons resultados, em média $17,6\ t\ ha^{-1}$.

Analisando a Figura 4, a cultivar Ito nos anos de 2014 e 2015 não apresentou diferenças significativas quanto a produtividade para os períodos de vernalização (0 e 20 dias). Em 2018, os tratamentos com 30 e 45 dias de vernalização apresentaram a maior produtividade. A cultivar Chonan apresentou diferenças significativas para os anos de 2014 e 2015 com o uso de 20 dias de vernalização sendo mais eficiente. Para 2018, os períodos de 30 e 45 dias proporcionaram maior produtividade em relação aos demais. Para a cultivar San Valentin os resultados não foram significativos para nenhum ano e período analisado.

No ano de 2014 as médias alcançadas no experimento em todos os tratamentos foram superiores à média nacional e estadual para aquele ano. No ano de 2015 as médias foram influenciadas mais pelas condições meteorológicas no experimento que pelos tratamentos. Nesse caso, houve parcelas que não foram colhidas pois não ocorreu formação de bulbo. daquelas que foram colhidas, após o período de cura verificou-se bulbos chochos com baixa qualidade.



produtividade

Figura 4: Produtividade das cultivares de alho Ito, Chonan e San Valentin submetidos a diferentes tempos de vernalização. Área do boxplot = 50% dos dados, barras superiores e inferiores = 25% de variação dos dados, linha contínua no interior do boxplot = mediana. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

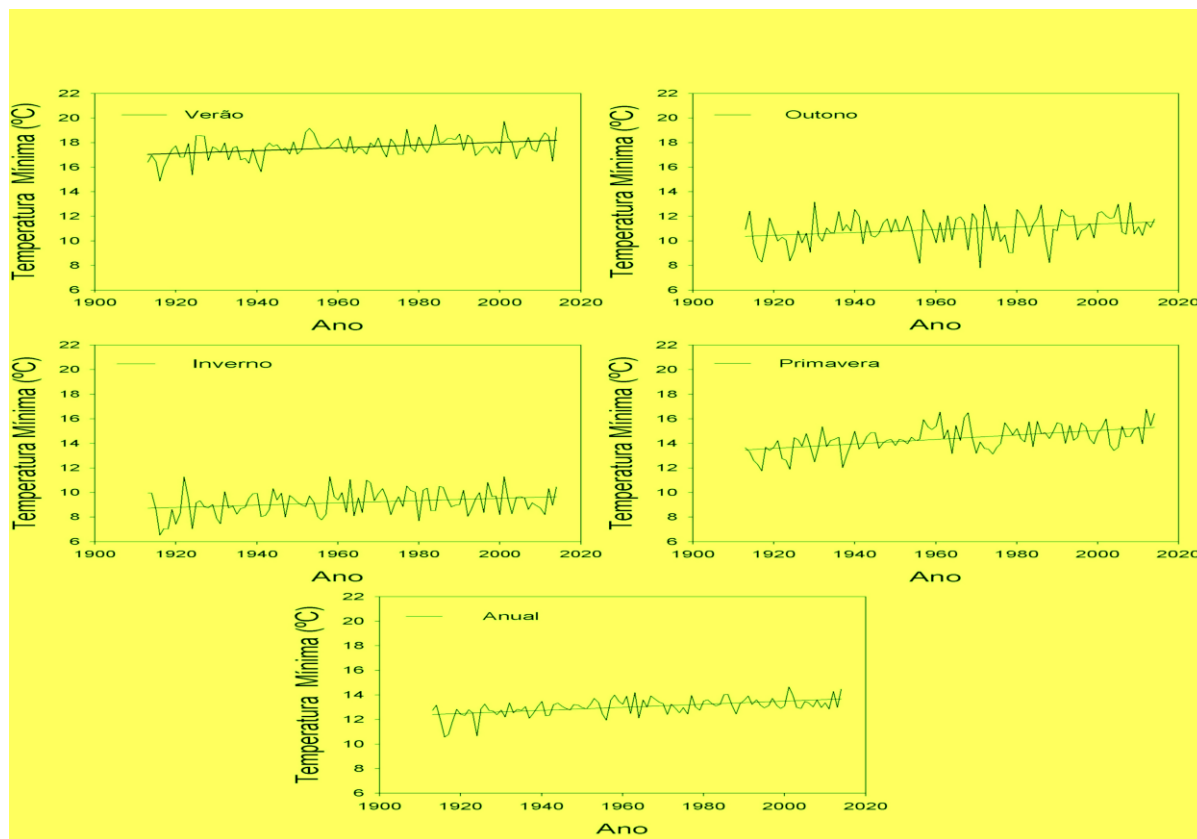
O fator classificação é de grande importância para o alhicultor no momento da comercialização, onde o valor recebido é determinado pelo número (classe) e um adicional sobre esse número. Em anos que ocorre queda nos preços a maioria das vezes o produtor recebe o valor referente ao número (classe) do alho. Isso ocorre pela demanda de mercado por bulbos grandes, que se encaixam nas classes 5, 6 e 7.

Para a cultivar Ito no ano de 2014, as maiores classes (5, 6 e 7) foram obtidas com o tratamento de vernalização (20 dias). No ano de 2015 a influência da vernalização é percebida a partir da classe 4 até a classe 6, sendo que a maior parte dos bulbos foram desclassificados. Em 2018, à medida que aumenta o período de vernalização, diminui a porcentagem de bulbos desclassificados e aumenta porcentagem de bulbos nas classes 3 e 4 (Figura 6). Para a cultivar Chonan no ano de 2014, os tipos 4 e 5 apresentaram porcentagens praticamente iguais para os tratamentos com e sem vernalização, e no tipo 6 o tratamento com vernalização (20 dias) teve porcentagem superior ao tratamento sem vernalização (0 dias). No ano de 2018 as maiores porcentagens dos bulbos desclassificados foram observadas nos tratamentos de 0 e 10 dias de vernalização. Na classe 3, os tratamentos de 10, 30 e 45 dias de vernalização foram semelhantes e no tipo 4 os tratamentos 30 e 45 dias ficaram próximos entre si e superiores aos outros dois tratamentos (0 e 10 dias) (Figura 6).

A cultivar San Valentin, seguiu um padrão em todas as características analisadas nesse trabalho, e durante os três anos de experimento, a resposta a vernalização para essa cultivar foi praticamente nula também para produtividade. Todavia, no item classificação, alguns resultados foram maiores com o tratamento de vernalização (20 dias) em 2014 e 2015. No ano de 2018, no tipo 3, identificou-se que com vernalização (10,

30 e 45 dias) havia porcentagens maiores em relação ao tratamento sem vernalização (0 dias) (Figura 5; Figura 6).

Os resultados descritos possuem alta relação com dados obtidos em estudo com cultivares de alho nobre no Centro-Sul do Paraná (região sul do país), onde a cultivar Chonan apresentou 40,3% dos bulbos na classe 7, e a cultivar Ito, com 75% dos bulbos nas classes 6 e 7, se destacaram entre as cultivares nobres pela qualidade dos bulbos. San Valentin apresentou seus bulbos distribuídos nas cinco classes, com pequenas diferenças entre classes (RESENDE et al.,2013).



classificação 2014-2015

Figura 5: Classificação de alho nobre Ito, Chonan e San Valentin nas classes 3, 4, 5, 6, 7 e desclassificados (D) para os anos de 2014 e 2015 sob tratamentos de vernalização em Curitiba, SC.

Período	Mensal			Sazonal			Anual		
	MBE	RMSE	d	MBE	RMSE	d	MBE	RMSE	d
Jan	0,05 (1)	0,31 (1)	0,96 (1)	0,12 (2)	0,73 (2)	0,96 (1)	0,59 (3)	3,63 (3)	0,96 (1)
Fev	0,35 (2)	2,19 (2)	0,96 (1)	0,21 (1)	1,34 (1)	0,96 (1)	0,69 (3)	4,29 (3)	0,95 (2)
Mar	-0,04 (1)	0,24 (1)	0,94 (1)	0,41 (2)	2,41 (2)	0,93 (2)	0,6 (3)	3,52 (3)	0,92 (3)
Abr	0,93 (3)	4,92 (3)	0,93 (2)	0,77 (2)	4,06 (2)	0,94 (1)	0,38 (1)	1,99 (1)	0,93 (2)
Mai	-0,23 (1)	1,23 (1)	0,91 (2)	-0,39 (2)	2,12 (2)	0,93 (1)	-0,8 (3)	4,3 (3)	0,90 (3)
Jun	0,26 (1)	3,19 (2)	0,92 (1)	0,26 (1)	1,48 (1)	0,9 (2)	-0,59 (2)	3,38 (3)	0,92 (1)
Jul	0,08 (1)	0,35 (1)	0,9 (2)	-0,32 (2)	1,43 (2)	0,91 (1)	-1,11 (3)	4,95 (3)	0,91 (1)
Ago	-0,14 (1)	0,8 (1)	0,86 (2)	0,14 (1)	0,81 (2)	0,86 (2)	-0,29 (2)	1,68 (3)	0,90 (1)
Set	0,03 (1)	0,02 (1)	0,89 (2)	-0,14 (2)	0,91 (2)	0,89 (2)	-0,37 (3)	2,36 (3)	0,90 (1)
Out	0,14 (2)	0,82 (2)	0,89 (3)	-0,26 (3)	1,46 (3)	0,85 (1)	0,12 (3)	0,69 (1)	0,87 (2)
Nov	-0,04 (1)	0,20 (1)	0,92 (1)	0,14 (2)	0,78 (2)	0,92 (1)	0,5 (3)	2,77 (3)	0,91 (2)
Dez	-0,21 (2)	1,3 (2)	0,97 (1)	0,1 (1)	0,63 (1)	0,97 (1)	0,25 (3)	1,61 (3)	0,97 (1)
Pri	-	-	-	-0,06 (1)	0,60 (1)	0,97 (1)	0,21 (2)	2,10 (2)	0,97 (1)
Ver	-	-	-	0,20 (1)	2,20 (1)	0,96 (1)	0,68 (1)	7,24 (2)	0,96 (1)
Out	-	-	-	0,18 (1)	1,71 (1)	0,93 (1)	-0,28 (2)	2,63 (2)	0,92 (2)
Inv	-	-	-	0,05 (1)	0,46 (1)	0,93 (2)	-0,57 (2)	5,49 (2)	0,94 (1)
Ano	-	-	-	-	-	-	0,79	15,76	0,94

classificação 2018

Figura 6: Classificação de alho nobre Ito, Chonan e San Valentin nas classes 3, 4, 5, 6, 7 e desclassificados (D) para o ano de 2018 sob tratamentos de vernalização em Curitiba, SC.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As cultivares Ito e Chonan tiveram respostas estatisticamente significativas quando submetidas à vernalização, nos componentes de número de bulbilho, diâmetro de bulbo, massa de bulbo, produtividade e classificação de bulbo durante os três anos de experimento (2014, 2015 e 2018). No ano de 2018 o período de 30 dias de vernalização apresentou respostas superiores aos demais períodos (0, 10 e 45).

Os componentes de produtividade para a cultivar San Valentin não variaram em função da vernalização.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas aos acadêmicos envolvidos no projeto e pelo recurso financeiro designado ao projeto Universal processo nº482493/2013-5 de 2013.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Parana, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Editores técnicos: Wreg. M.S.; Steinmetz. S.; Reisser. J. C.; Almeida. I.R. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas. 2011.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**; n. 46. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops 2016**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acessado em: 01 de maio de 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017: dados preliminares**. 2018.

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 28 de abril de 2019.

LOPES, W. A. R. et al. 2016. Produção de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio em região de clima semiárido. *Horticultura Brasileira* 34: 249-256.

LUCINI, M.A. Alho: manual prático de produção. Curitiba: 2003. 116 p.

MENEZES SOBRINHO J. A. 1997. *Cultivo do alho (Allium sativum)*. Brasília: EMBRAPA/ CNPH. 23p.

MOTA, J. H. et al. SIMILARIDADE MORFOLÓGICA DE CULTIVARES DE ALHO (*Allium sativum* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça-SP, ano IV, n. 8, dez. 2003. Semestral.

RESENDE, J. T. V. de et al. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.157-162, mar. 2013.

RESENDE, G. M. de. Desempenho de cultivares de alho no norte de Minas Gerais, *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.15, n.2, p.127-130, nov.1997.

REZENDE, B. R; SILVA, A. R. da. Análise de trilha da produtividade de alho com inclusão de variável multicategórica. **Multi-science Journal**, [s.l.], v. 1, n. 3, p.13-16, 18 jun. 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2013.

SOUZA, R. J.; MACEDO, F. S. Vernalização de cultivares de alho nobre na região de Lavras. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.3, p.651-654, jul-set 2004.

TRANI, P.E. **Cultura do alho (*Allium sativum*): Diagnóstico e recomendações para seu cultivo no Estado de São Paulo**. 2009.

YURI, Jony E. et al. Vernalização do alho para cultivo in vitro. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 22, n. 3, p.585-588, set. 2004.

A CULTURA DA SOJA NA REGIÃO DE PASSO FUNDO-RS: IMPACTOS DA DATA DE SEMEADURA NA PRODUTIVIDADE, FENOLOGIA E EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

Rogério de Souza Nóia Junior¹; Clyde Willian Fraisse¹; Maurício Alex Zientarski Karrei¹; Daniel Perondi¹
Autor para correspondência: rogeriosouzanoia@gmail.com

¹Universidade da Flórida , Gainesville, FL, USA

RESUMO

O impacto dos eventos climáticos extremos (EEs) sobre as culturas agrícolas, varia com a duração e intensidade do estresse e estágio fenológico da planta. Assim, o objetivo deste trabalho é determinar a melhor época de semeadura para soja na região de Passo Fundo – RS e quantificar a probabilidade de ocorrência de EEs em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja. Para isso, o modelo CROPGRO–DSSAT foi calibrado e usado para simular a produtividade e a fenologia da soja por um período de 61 anos (1957-2008). Os resultados do nosso trabalho indicam que a melhor época de semeadura para soja na região de Passo Fundo – RS ocorre no final de outubro e começo de novembro. Além disso, foi possível identificar que a antecipação e/ou atraso de semeadura da soja, aumentam as chances de ocorrência de temperatura abaixo de 5°C, e que o períodos com sete dias consecutivos sem chuva é o evento climático extremo mais comum na região.

PALAVRAS-CHAVE: Baixas Temperaturas; Modelo de simulação de cultura; Períodos de seca

SOYBEAN CROP IN PASSO FUNDO - RS: IMPACTS OF SOWING DATE ON YIELD, PHENOLOGY AND EXTREME WEATHER EVENTS

ABSTRACT

The impact of extreme weather events (EEs) on agricultural crops varies according to its duration, intensity, and crop phenology stage. Thus, the objective of this work was to determine the best sowing date for soybean in the region of Passo Fundo - RS and to quantify the occurrence of EEs during different soybean phenological stages. The CROPGRO-DSSAT model was calibrated to simulate soybean yield and phenology in Passo Fundo - RS, for a period of 61 years (1957-2008). The results of our work indicated that the best sowing dates for soybean in Passo Fundo - RS region occurred in late October and early November. In addition, it was possible to identify that the anticipation and / or delay of soybean sowing, increased the chances of low temperature occurrence. Among the EEs analyzed, 7-day dry spells is the most common extreme weather event in the region.

KEY-WORDS: Crop simulation models; Drought; Low temperatures

INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos (EEs), como longo períodos de secas, ondas de calor e fortes geadas, têm se tornado mais severos e frequentes nas últimas décadas. Na safra 2011/12, por exemplo, os longos períodos de seca associados a altas temperaturas no estado do Rio Grande do Sul, reduziram em 50,28% a produtividade da soja; a seca ocorrida nesta safra é considerada a maior dos últimos 60 anos (IBGE, 2019).

O impacto dos EEs sobre as culturas agrícolas, varia com a duração e intensidade do estresse e estágio fenológico da planta. Segundo Nóia Junior et al. (2019), a antecipação da semeadura da soja para o final de setembro e/ou começo de outubro, no estado do Paraná, faz com que coincida a fase do florescimento e enchimento de grãos (período de maior evapotranspiração potencial da cultura) com o período de maior variabilidade interanual da chuva na região (i.e. novembro e dezembro), gerando imprevisibilidade da produtividade da cultura. Assim, é fundamental quantificar a probabilidade de ocorrência de EEs em diferentes épocas, e relacioná-la com o estágio fenológico da cultura em diferentes datas de semeadura, para minimizar os riscos climáticos da agricultura.

A hipótese do nosso trabalho é que a escolha da melhor data de semeadura para a cultura da soja, contribuirá para o sucesso do cultivo, minimizando os riscos de ocorrência de EEs; e que um modelo de simulação de cultura calibrado pode fornecer resultados robustos para a solução de tal problema.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Determinar a melhor época de semeadura para soja na região de Passo Fundo – RS, através de um modelo de simulação de cultura; e quantificar a ocorrência de EEs em diferentes estádios fenológicos em função da data de semeadura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Estudo foi realizado na região de Passo Fundo-RS. Série histórica de dados meteorológicos (1957-2018) foram obtidos através Instituto Brasileiro de Meteorologia (INMET). As características do solo, apresentadas no Quadro 1, foram obtidas através do projeto Radam Brasil (1974).

Quadro 1: pH, conteúdo de carbono (C), nitrogênio (N), areia, silte e argila e capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM) e densidade do solo (Ds) característicos da região de Passo Fundo – RS.

pH	C (%)	N (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	CC (%)	PM (%)	Ds (g cm ⁻³)
5,6	1,16	0,10	17,6	10,6	71,8	41	28	1,22

Modelo de simulação de cultura, condições iniciais e cultivar

O presente estudo simulou a fenologia e produtividade da soja com o modelo *Crop Simulation Model* – CROPGRO disponível no software *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* - plataforma DSSAT. A calibração do modelo foi realizada para a região a partir de dados de produtividade e fenologia coletados por produtores rurais do Sindicato Rural de Carázinho, RS em diferentes datas de semeadura e em condições de sequeiro e irrigado. A cultivar utilizada foi BMX Ativa, grupo de maturação 5,6.

A produtividade e a fenologia da soja foram simuladas para 16 datas de semeadura, com início em 1º de setembro e término no dia 1º de fevereiro, com intervalo de 10 dias (Figura 1). O número de dias de duração do ciclo variou de 115 a 163 dias. As fases fenológicas simulada, foram: PV - R1: período compreendido entre a emergência e o surgimento da primeira flor; R1 – R2: primeira flor e o surgimento da primeira vagem; R2 - R3: primeira vagem e o surgimento da primeira semente; R3 – R4: primeira semente e o momento da maturação fisiológica; R4 – R5: maturação fisiológica e a maturação no ponto de colheita.

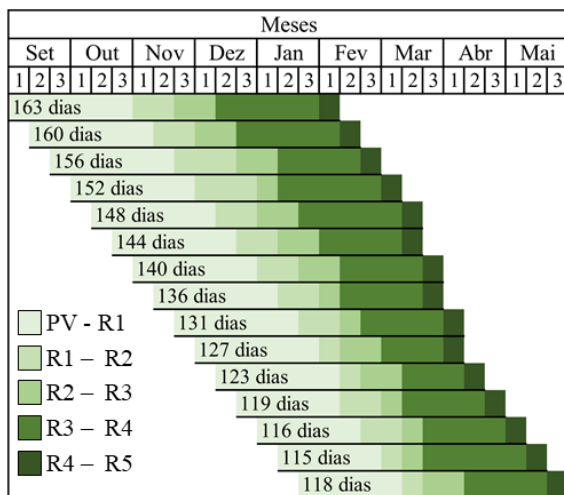


Figura 1: Representação esquemática das diferentes datas de semeadura usadas para simular a produtividade e a fenologia da soja na região de Passo Fundo – RS. Os meses foram divididos em três decêndios, representados pelos números 1, 2 e 3 na parte superior da figura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da comparação entre os dados reais e simulados para a região em diferentes datas de semeadura estão apresentados na Figura 2. A partir destes resultados, é possível indicar que o modelo CROPGRO–DSSAT, quando calibrado, é capaz de capturar a variabilidade de produtividade e de desenvolvimento fenológico, em cultivos com diferentes datas de semeadura e em diferentes condições de irrigação.

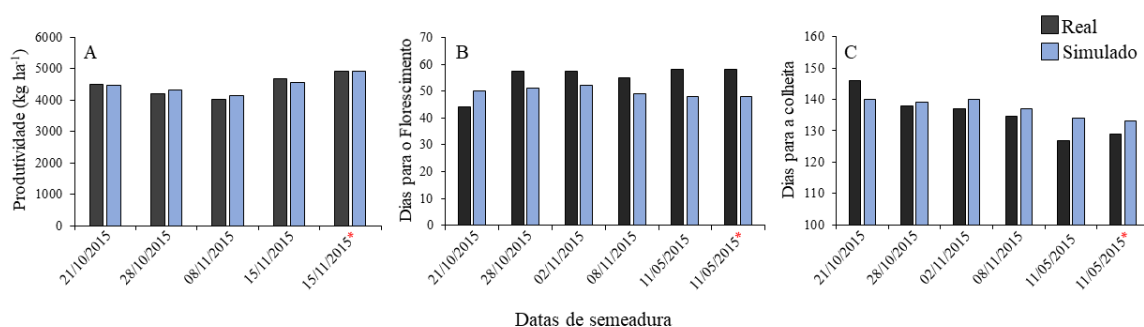


Figura 2: Comparação entre dados reais de produtividade (A), número de dias para o florescimento (B) e colheita (C) e simulados pelo modelo CROPGRO – DSSAT, em diferentes datas de semeadura e em condições de sequeiro e irrigado (*), na região de Passo Fundo – RS.

A produtividade da soja em Passo Fundo-RS variou, em média, entre 4200 e 1900 kg ha⁻¹, para as datas de semeadura analisadas (Figura 3). Os nossos resultados indicam que a época de semeadura que proporciona a obtenção de maiores produtividades ocorre no final de outubro e/ou começo de novembro. O atraso da semeadura da soja, a partir do segundo decêndio de novembro (11/nov), geram perdas em taxas quase lineares da produtividade. Estas perdas podem superar 50% quando comparada ao plantio no início de novembro.

Por outro lado, a antecipação da semeadura da soja para o setembro e/ou começo de outubro, geram perdas que superam 300 kg ha⁻¹. Além das perdas em produtividade, há também, o aumento da intervariabilidade anual da produtividade. A antecipação da semeadura, faz com que o período de floração e enchimento de grãos, ocorra entre os meses de novembro e dezembro (Figura 1), quando também ocorre o período de maior

intervariabilidade anual de chuva (Nóia Júnior et al., 2019). A maior intervariabilidade anual, também está relacionada à ocorrência de EEs (Figura 4).

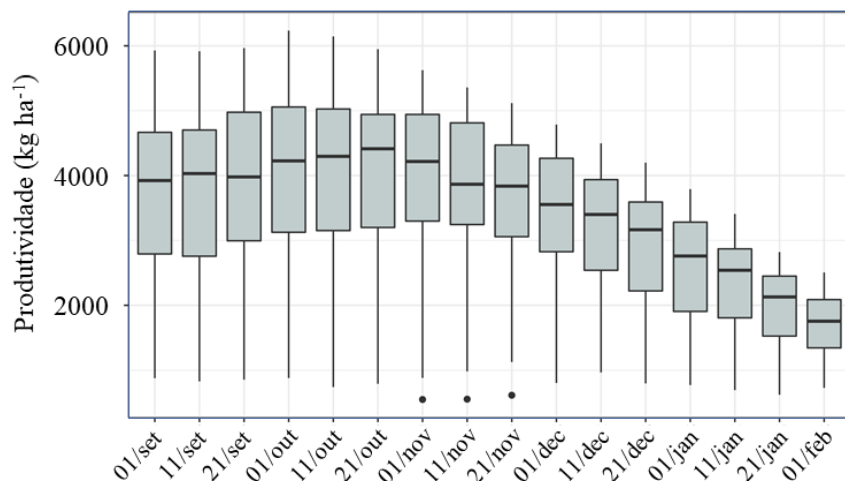


Figura 3: Variabilidade interanual (1957-2018) da produtividade de soja em função de datas de semeadura para a região de Passo Fundo – RS.

O tipo e o número médio de ocorrência de EEs por fase fenológica da cultura da soja variam de acordo com a data de semeadura (Figura 4). A ocorrência de temperatura abaixo de 5°C ($T < 5$) é mais frequente no período vegetativo (PV-R1), quando a semeadura ocorre em setembro e/ou começo de setembro. O número de dias com $T < 5$, nesta fase fenológica, pode ser superior a três eventos por safra. O atraso da semeadura a partir do final de dezembro, também, aumenta as chances de ocorrência de $T < 5$, porém, na fase de maturação fisiológica dos grãos.

O número total de EEs por fase fenológica, é reduzido quando a semeadura ocorre no final de outubro e/ou início de novembro. A ocorrência de sete dias consecutivos sem chuva ($P > 7$), é o EE mais frequente na região de Passo Fundo. Assim, é extremamente importante que o produtor rural adote estratégia que minimizem os impactos causados por déficit hídrico, como a preparação e condicionamento do solo em camadas profundas, uso de cultivares tolerantes e bioestimulantes.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados do nosso trabalho indicam que a semeadura da soja no final de outubro e começo de novembro proporciona maiores produtividades e menores riscos de ocorrência de eventos climáticos extremos. Além disso, a partir dos nossos resultados, foi possível identificar que a antecipação e/ou atraso de semeadura da soja, aumentam as chances de ocorrência de eventos climáticos extremos.

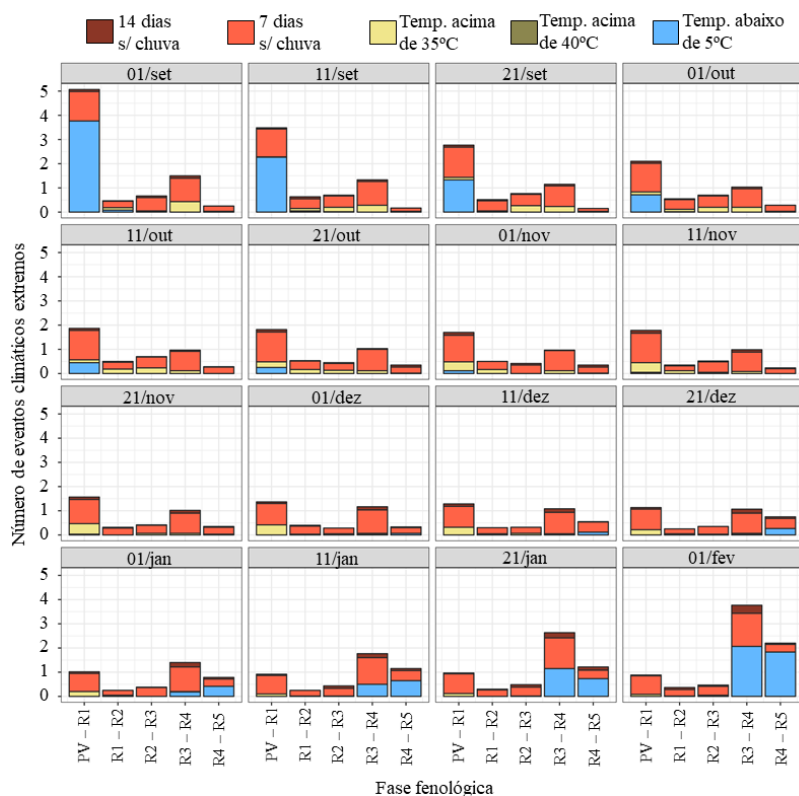


Figura 4: Número médio de eventos climáticos extremos (EEs) em diferentes fases fenológicas da cultura da soja para diferentes datas de semeadura, para a região de Passo Fundo – RS.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecemos aos produtores do Sindicato Rural de Carázinho, RS, que sob a liderança do Sr. Carlos Kohmann coletaram os dados utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. 2019. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> >. Acesso em: 05 mai. 2019.

Nóia Junior, Rogério de Souza; Sentelhas, Paulo Cesar. Soybean-maize off-season double crop system in Brazil as affected by El Niño Southern Oscillation phases. **Agricultural systems**, n. 173, jul. 2019.

ESTUDO AGROCLIMÁTICO REGIONALIZADO PARA IMPERATRIZ – MA, COMO SUBSÍDIO À EPOCA DE PLANTIO PARA A CULTURA DO MILHO.

LUCILARA RODRIGUES MENDES¹; FERNANDO JOSÉ PEREIRA FERREIRA¹; MESSIAS GALVÃO ABREU¹; LUANA CORREA SILVA¹; RONALDO HAROLDO NASCIMENTO DE MENEZES¹

Autor para correspondência: laramendero@gmail.com

¹UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

RESUMO

O estudo foi desenvolvido e dividido em etapas que consistiram no levantamento e análise dos dados climáticos regionalizados da cultura do milho (*Zea mays*) de sequeiro e irrigado, que compreende a região homogênea de Imperatriz - MA e aspectos relacionados à aptidão das terras e características texturais dos solos. A proposta do método é identificar a melhor data de plantio de forma que a data de floração e enchimento de grãos não ocorra em um período com pouca disponibilidade de água para a cultura. Os resultados do estudo foram descritos com uma visão regionalizada com base na distribuição espacial das chuvas, onde se buscou caracterizar inicialmente a região em seus padrões climáticos, enfatizando a classificação climática, a disponibilidade hídrica com base nos períodos de reposição, retirada, excesso e deficiência hídrica no solo e o período de cultivo agrícola de sequeiro e irrigado. Por fim, foi elaborado o calendário agrícola de risco climático para o plantio da cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Região homogênea; *Zea mays*; Zoneamento

REGIONALIZED AGROCLIMATIC STUDY FOR IMPERATRIZ - MA, AS A SUBSIDY TO PLANTING TIME FOR CORN CULTURE.

ABSTRACT

The study was developed and divided in steps that consisted of the survey and analysis of the regional climatic data of the maize (*Zea mays*) of dry and irrigated maize, that includes the homogeneous region of EM - empress and aspects related to the aptitude of the lands and texture characteristics two solos. The proposal of the method is to identify the best date of planting so that the date of flowering and filling of grains does not occur in a period with little availability of water for the crop. The results of the study were described with a regionalized view based on the spatial distribution of rainfall, where the aim was to initially characterize the region in its climatic patterns, emphasizing the climatic classification, water availability based on the periods of replacement, water deficiency in the soil and the period of dry and irrigated agricultural cultivation. Finally, the agricultural calendar of climatic risk for the planting of the corn crop was elaborated.

KEY-WORDS: Homogeneous region; *Zea mays*; Zoning

INTRODUÇÃO

É notório que a variabilidade anual e espacial da produtividade agrícola no estado do Maranhão é condicionada fundamentalmente pela variabilidade temporal e espacial das chuvas. Por ser um estado localizado geograficamente em uma área de transição entre o Nordeste brasileiro semiárido e a Amazônia e possuir dimensão latitudinal que varia entre 1° S e 10°S, é afetado por diferentes sistemas produtores de tempo, que atuam em diferentes períodos do ano. Essas características favorecem a variabilidade temporal e espacial das chuvas, refletindo no período de cultivo agrícola e principalmente nas épocas de plantio e na produtividade das culturas.

Em virtude da variabilidade espacial das chuvas optou em trabalhar com as características climáticas regionais, fazendo uso de uma das áreas homogêneas, de precipitação pluvial proposta por Menezes (2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal desse estudo é minimizar os riscos de perdas agrícolas e melhorar o nível de produtividade da agricultura familiar para a região de Imperatriz - MA

MATERIAIS E MÉTODOS

A região homogênea de precipitação 8, localizada no Sudoeste do estado do Maranhão, que tem o município de Imperatriz como o grande representante e compreende 21 municípios, abrangendo área de 35.884,16km², é o maior entroncamento comercial, energético e econômico do estado, sendo ainda o segundo maior centro populacional, econômico, político e cultural do Maranhão e possui um posicionamento estratégico útil não só ao estado mas também para todo o norte do país.

Um dos problemas enfrentados pela agricultura é a definição correta da data de plantio, que tem que ser bem planejada a fim de evitar perdas e ter um melhor aproveitamento da safra agrícola. Para definir as melhores épocas de plantio foi utilizado o critério do Índice de Satisfação das Necessidades de Água da cultura, conhecido com ISNA.

O ISNA foi obtido pela relação (1) após processos de interação desenvolvidos pelo software SARRAZON, utilizado nos estudos de análise de riscos climáticos na agricultura:

$$ISNA = ETR/ETM \quad (1)$$

Em que: ETR corresponde a Evapotranspiração Real e ETM a Evapotranspiração Máxima da cultura.

A proposta do método é identificar a melhor data de plantio de forma que a data de floração e enchimento de grãos não ocorra em um período com pouca disponibilidade de água para a cultura. É um critério que integra três bases importantes, quais sejam: clima, solo e planta. As variáveis de entrada no modelo SARRAZON foram:

Tabela 1 - Índices de Satisfação das Necessidades de Água

	Baixo	Médio	Alto
MILHO	ISNA ≥ 0,55	0,55 > ISNA ≥ 0,45	ISNA < 0,45

Fonte: EMBRAPA, 2003

Tabela 2 – Características da Planta

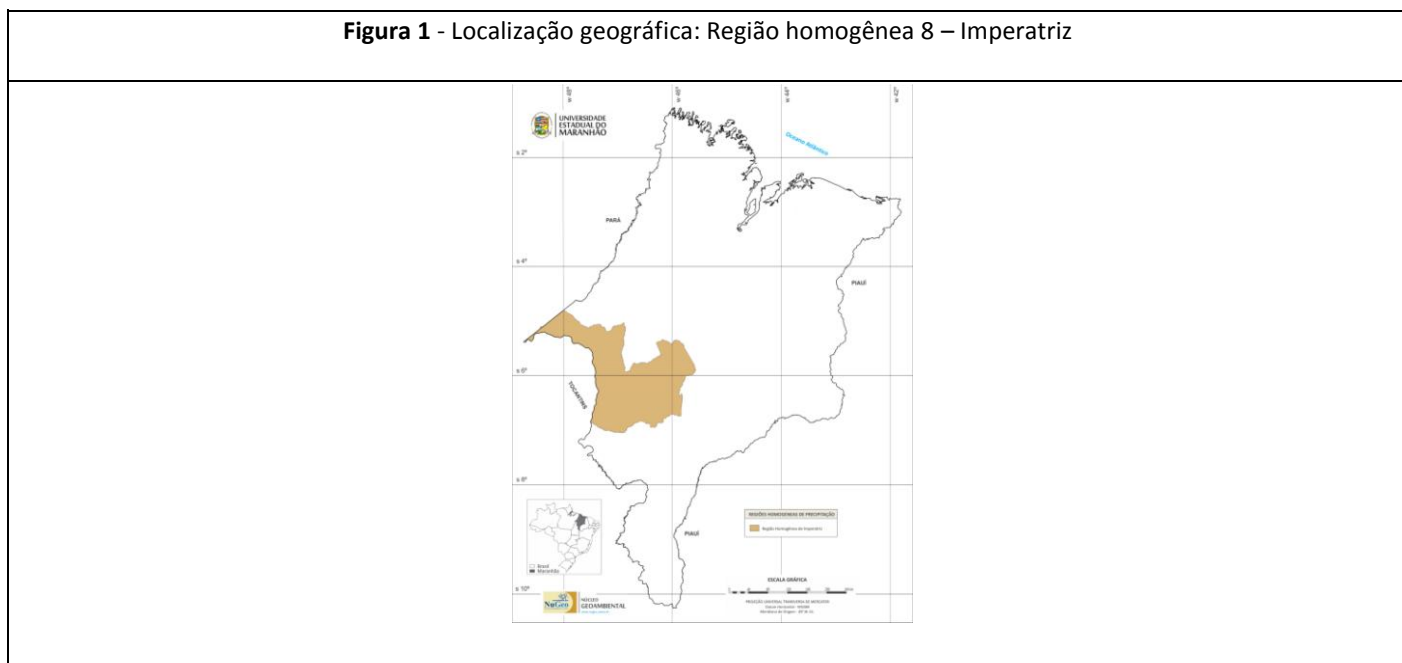
CULTURA	Pe (cm)	CAD (mm)	Ciclo Produtivo Dias	Fases Fenológicas Dias
MILHO	40	Solo Tipo I = 24 Solo Tipo II = 48 Solo Tipo III = 72	120	Fase I – 40 Fase II – 20 Fase III – 20 Fase IV – 40

Fonte: EMBRAPA, 2003

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região homogênea de precipitação 8, localizada no Sudoeste do estado do Maranhão, Figura 1, compreende 21 municípios, abrangendo área de 35.884,16km², é o maior entroncamento comercial, energético e econômico do estado, sendo ainda o segundo maior centro populacional, econômico, político e cultural do Maranhão e possui um posicionamento estratégico útil não só ao estado mas também para todo o norte do país.

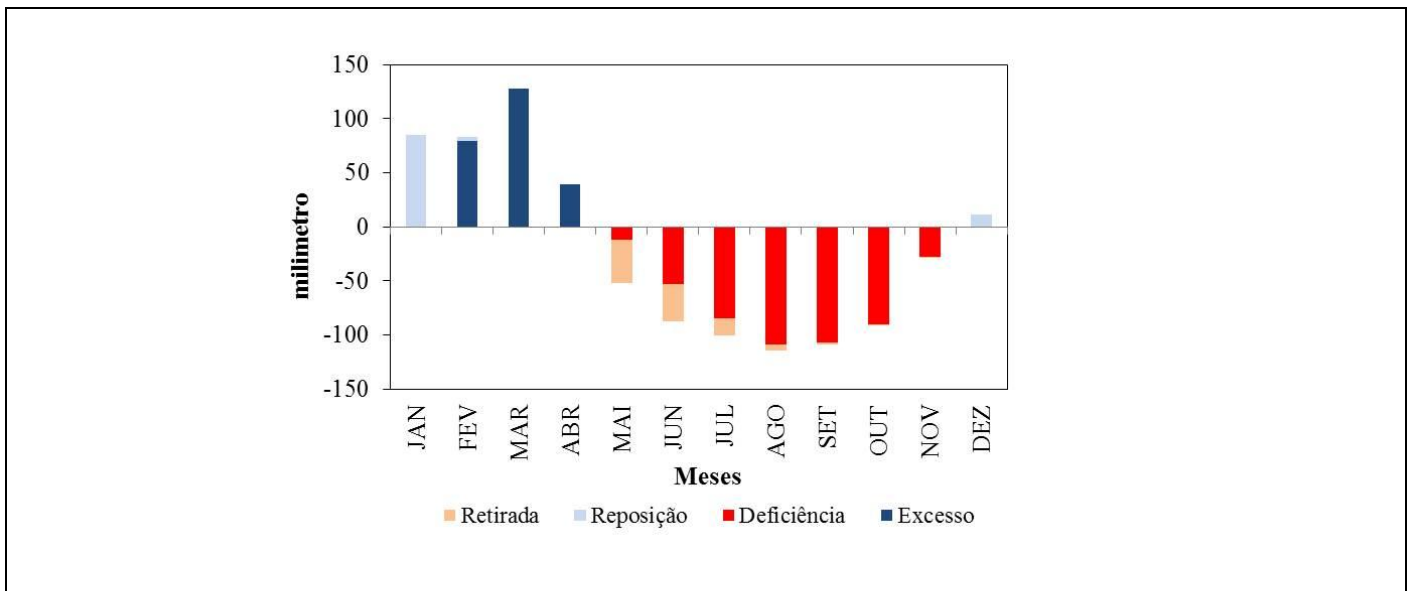
Figura 1 - Localização geográfica: Região homogênea 8 – Imperatriz



Fonte: Nugeo, 2015

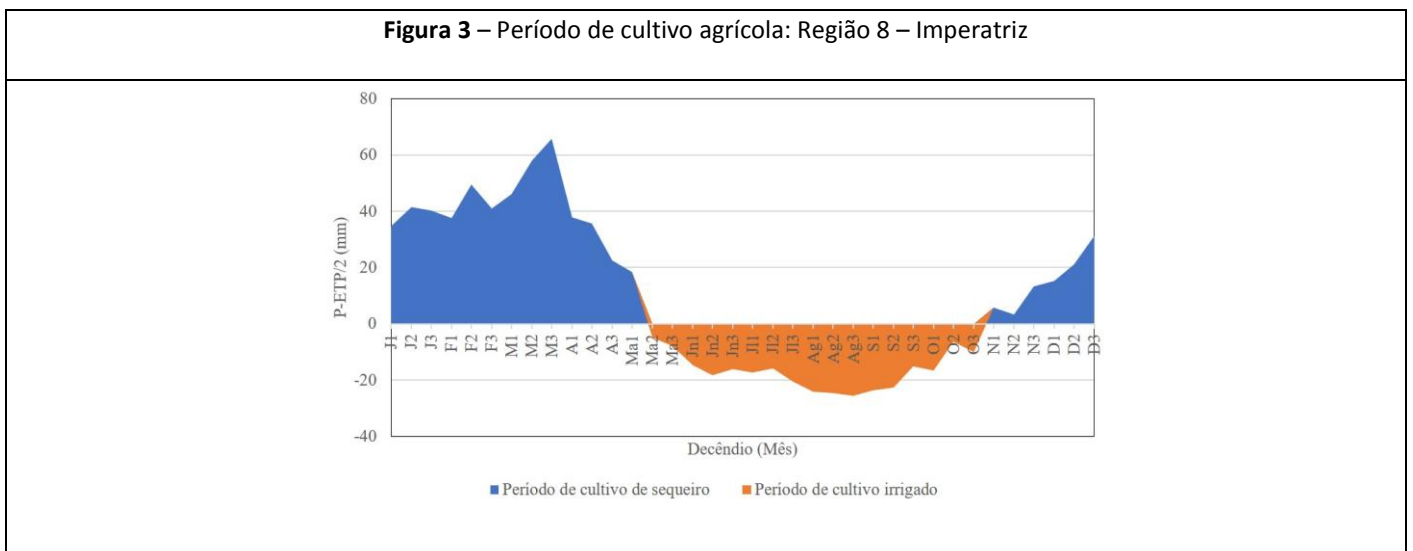
As chuvas iniciam no mês de dezembro, porém a região encontra-se no fim do período seco, onde ainda se observa deficiência hídrica.

Figura 2 – Componentes do balanço hídrico: Região homogênea 8 – Imperatriz



Fonte: Menezes, 2018.

Na região de imperatriz a época chuvosa para o cultivo agrícola de culturas de sequeiro compreende o primeiro decêndio de novembro ao primeiro decêndio de maio (Figura 3).



Fonte: Menezes, 2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com base nos dados, verificou-se a importância de se fazer um estudo prévio da cultura e da região, para que assim possa ser feito um estudo para a melhor época de plantio para o agricultor, de modo que ela não perca sementes e insumos fazendo o plantio tardiamente ou cedo. O que afetaria consideravelmente a sua produção.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

SAGRIMA - Secretária de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca. NUGEO - Núcleo Geoambiental UEMA - Universidade Estadual Do Maranhão

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Menezes, R. H. N. de. Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão, Brasil / Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes. ? Campina Grande, 2009. 168f. : il

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MILHO EM SISTEMA DE SEQUEIRO EM SIMÃO, SERGIPE

Loise Marie Cardoso Santos¹; Ana Paula Silva de Santana¹; Alceu Pedrotti¹; Fernanda Cristina Caparelli de Oliveira¹; Thaís Souza dos Santos¹

Autor para correspondência: loisemariee@gmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

Dentre os principais fatores que interferem nos aspectos de produção do agroecossistema do milho estão os efeitos do clima, especialmente o comportamento do regime hídrico, sobre a cultura. A irregularidade de chuvas nos períodos de desenvolvimento da cultura ao interferir na produtividade também afeta a renda líquida dos agricultores, em especial, aqueles que têm a cultura do milho como meio de subsistência. Neste sentido, o objetivo deste resumo é analisar os efeitos da pluviosidade na produtividade do agroecossistema do milho no município de Simão Dias-SE. Para isto, utilizou dados de precipitação dos últimos 30 anos e de dados de produtividade do milho em Simão dos últimos dez anos, período de ascensão da cultura no município. Como resultado, teve-se que a produtividade do milho variou de acordo com a distribuição das chuvas entre período de plantio e colheita, o que leva a perdas de safras em anos de veranicos, com prejuízos econômicos para os agricultores.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de sequeiro; Pluviosidade; Agroecossistema do milho

THE INFLUENCE OF PRECIPITATION ON THE CORN GROWTH WITH DRY SYSTEM IN SIMÃO DIAS, SERGIPE.

ABSTRACT

Among the main factors that interfere on the production aspects of corn's agroecosystem are the climate effects, specially the hydric regime's behavior about the culture. The irregularity of rain in the times of culture's development in interfering on the productivity also affects the net income of the farmers, specially those who follow the corn growing as a mean of subsistence. In this sense, the goal of this abstract it is to analyze the effects of rainfall in the productivity of Simão Dias' corn agroecosystem. Thereunto, it was utilized precipitation data from the past 30 years and corn productivity data from Simão Dias on the last 10 years, period of cultural ascension in the municipality. As a result, it was concluded that the corn productivity varied according to the rain distribution between the planting and harvesting periods, which leads to crop losses in years of summer, causing terrible economic problems to the farmers.

KEY-WORDS: Dry Farming; Rainfall; Corn's agroecosystem

INTRODUÇÃO

A relação entre o clima e a atividade agrícola envolve um sistema, que inclui a atmosfera e o sistema solo-planta, onde o primeiro está aquém do controle pelo homem. Os efeitos climáticos são uma das principais causas de perdas das lavouras de milho em Sergipe, o que caracteriza um ponto de risco do agronegócio em sistemas de sequeiro.

De forma geral, o clima de qualquer região é influenciado pela circulação atmosférica que redistribuem calor e umidade por todo o globo (FERREIRA; MELLO, 2005). Por não ser homogênea, essa redistribuição ocasiona variações regionais de precipitação e temperatura que podem influenciar fortemente as atividades humanas. Na região Nordeste do Brasil, particularmente na porção semiárida, a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante a agricultura de sequeiro, que depende manutenção da umidade do solo durante o período de cultivo (MARENGO et al., 2011).

Os agroecossistemas assim como todo ecossistema natural depende do clima para funcionar (AYOADE, 1996). O excesso ou falta de chuvas pode interferir no desenvolvimento da planta e levar a diminuição e a perda da produtividade. Neste sentido, a distribuição das chuvas são uma das principais causas de perdas das lavouras de milho em Sergipe, cultivadas em sistema de sequeiro no Estado. Na safra 2015/2016 o Estado de Sergipe registrou uma perda de 54,71 % em relação à safra anterior 2014/2015 e de 81,9% se comparado a safra posterior referente a 2016/2017 (CONAB, 2016; CONAB, 2018).

Diante de tais dados o acompanhamento da variação da pluviosidade para atividades econômicas como a agricultura tem como base a prevenção de perdas da produção, diminuindo, desta forma, os riscos socioeconômicos da atividade.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste artigo é analisar os efeitos da pluviosidade na produtividade do agroecossistema do milho no município de Simão Dias-SE.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida no município de Simão Dias, Estado de Sergipe, região Nordeste do Brasil (Figura 1) com coordenadas geográficas (10°39'85" S e 37°44'59" O). Este município pertence a Mesorregião do Agreste sergipano (SEMARH, 2012), possuindo precipitação média anual de 947,6 mm com chuvas concentradas no inverno, especialmente no mês de Maio (CRUZ et al., 2014), altitude de 250 m e temperatura média anual de 23,4°C. A região se insere no domínio do bioma Caatinga com características hiperxerófilas. O relevo é suavemente ondulado com ocorrência de solos do tipo Cambissolos Háplicos Carbonáticos, Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e Neossolos Litólicos eutróficos (IBGE, 2011). Este município tem como principal atividade econômica o cultivo de milho em grãos em sistema de sequeiro.

Para análise de pluviosidade utilizou-se a série histórica de precipitação e temperatura do período de 1988 a 2017, referentes ao município de Simão Dias-SE, disponíveis na base de dados da Secretária Municipal de Recursos Hídricos de Sergipe. Os dados pluviométricos foram analisados e contrastados com a produtividade do milho em grãos do município de Simão Dias-SE, disponíveis no banco de dados do IBGE (2017), e com as exigências hídricas deste agroecossistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das chuvas no município de Simão Dias (1988-2017) mostra dois períodos distintos, um com chuvas mensais abaixo de 80 mm de Setembro a Março e outro acima de 80 mm de Abril a Agosto (Figura 1). O mês de Junho apresenta-se como o mês de maior precipitação (145,4 mm), seguido pelos meses de Maio (136,6 mm) e Julho (127,8 mm) que correspondem ao período inverno chuvoso propício de acordo com o zoneamento agroclimático do município como o ideal para o início do plantio da cultura do milho em sequeiro. Segundo Marengo et al. (2011), essa distribuição da precipitação é uma característica da região semiárida do Nordeste resultado principalmente da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A ocorrência das chuvas nesta região está normalmente associada ao deslocamento sazonal da ZCIT de sua posição ao norte (~12° N), em Agosto e Setembro, para posições mais ao sul, (~ 4° S), em Março e Abril (FERREIRA, MELLO, 2005; UVO, NOBRE, 1989; MARENGO et al., 2011). A ZCIT é “[...] uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos

ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul” (FERREIRA, MELLO, 2005, p.18).

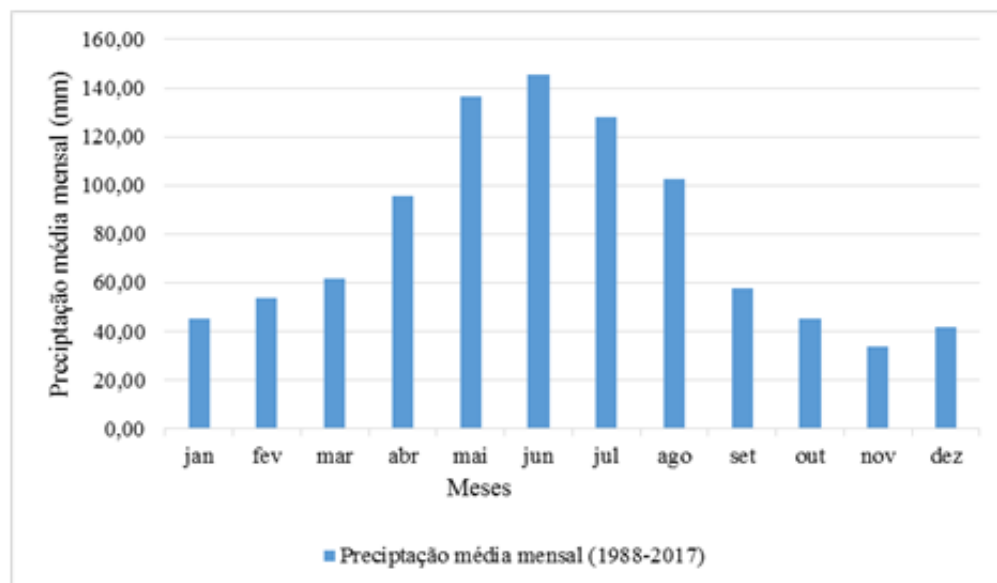


Figura 1

Figura 1 - Dados de Precipitação média mensal de 1988 a 2017 do município Simão Dias, SE, Brasil.

Fonte: SEMARH-SE/INMET

O município de Simão Dias está parcialmente inserido na região semiárida de Sergipe. Esta região apresenta regime pluviométrico caracterizado por extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço (CRUZ et al., 2014), o que tem afetado drasticamente a produtividade de milho.

A escassez de chuva interfere no desenvolvimento e crescimento da planta do milho e atua diretamente nas atividades fisiológicas da mesma interferindo na produção dos grãos e de matéria seca (EMBRAPA, 2004). O milho apresenta necessidade hídrica que varia de 200 a 400 mm para o ciclo completo, que podem variar também de acordo com o local e época de plantio (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2009). O calendário de plantio do milho em Simão Dias segue a ocorrência de chuvas entre os meses de Abril e Maio. No entanto, a produtividade pode sofrer variações de acordo com a distribuição das chuvas.

O ano de 2016 apresentou uma baixa produtividade. De acordo com dados do IBGE (2017), a produtividade do milho em Simão Dias para 2016 foi 1.780 kg/ha e apresentou forte queda quando comparada à média de produtividade do milho do município nos últimos dez anos (5.048 kg/ha) (Figura 2).

Comparando a produtividade com a precipitação anual para o município de Simão Dias tem-se que a influência do clima sobre a produtividade do milho teve como base a concentração das chuvas neste período.

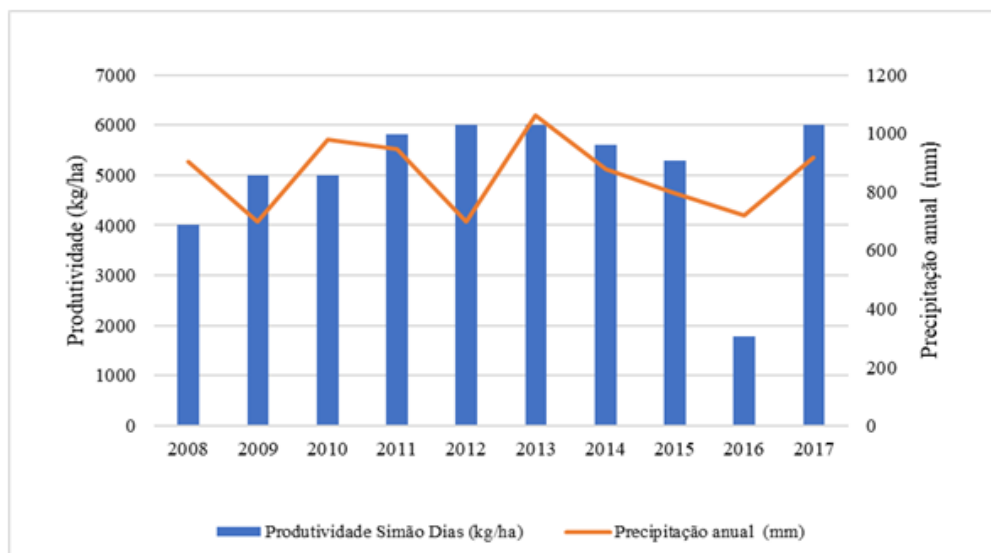
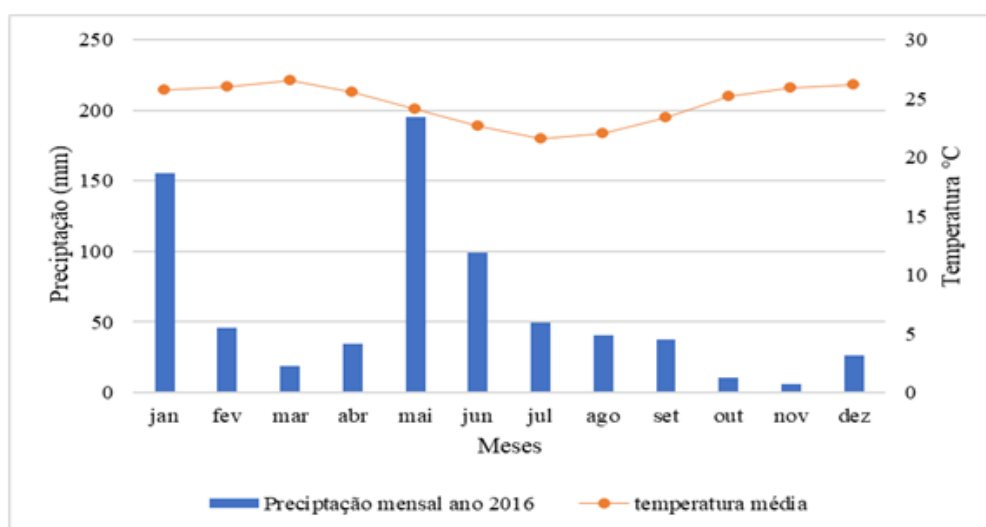


Figura 2 - Comparação entre produtividade e precipitação anual (2008-2017) no município de Simão Dias.

Com base nos dados médios mensais de chuvas do ano de 2016 verificou-se que distribuição de chuvas foi irregular com maior concentração pluviométrica nos meses de Janeiro, Maio e Junho (Figura 3). Nos outros meses a média mensal não atingiu 100 mm de chuvas, principalmente nos meses de julho e agosto, período que aproximadamente se iniciou os estádios reprodutivos da planta, que o que prejudicou a formação e preenchimento dos grãos.



O período de transição entre os estádios vegetativos e reprodutivos, o calor e a seca podem afetar a polinização e o número final de grãos e o estresse hídrico pode reduzir o potencial produtivo da espiga levando ao risco de abortamento (CIANPITTI, ELMORE, LAUER, 2011). O volume precipitado em Maio e Junho no município de Simão Dias correspondeu a 40,9 % da precipitação anual, o que mostra a maior concentração das chuvas do ano de 2016, para apenas 2 meses. Isto mostra que volume anual de chuvas não define a produtividade do milho em Simão Dias e sim a distribuição das chuvas no ciclo da cultura.

A queda no quantitativo de chuvas em períodos normalmente chuvosos é indicativo de ocorrência de veranicos (fenômeno popularmente conhecido no semiárido nordestino como seca verde) que afeta os períodos críticos de desenvolvimento das culturas anuais (MARENGO, 2008). Segundo Magalhaes e Durães (2007), o déficit hídrico na sequência de duas semanas antes até duas semanas após a fase de florescimento ocasiona uma queda brusca na produtividade dos grãos na ordem de 25 a 50%. A escassez de chuvas

estimulou o estresse hídrico da planta e levando a perda total e/ou parcial da safra nos estabelecimentos rurais produtores de milho no município Simão Dias.

Associado isto, a baixa capacidade de armazenamento de água das classes de solo do município de Simão Dias contribuiu com a perda de produtividade. De acordo com Silva et al. (2014) os Neossolos Litólicos abrangem 46% do município de Simão Dias, sendo considerado um solo com potencial pedológico Baixo e Muito Baixo para o cultivo de milho sob manejo com alta tecnologia.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Neste sentido, configura-se que baixa produtividade da safra de milho está relacionada a maior concentração de chuvas em determinados meses e menor distribuição dos volumes de chuva em outros meses, proporcionando uma irregularidade que afeta os estádios fenológicos da cultura do milho mesmo para aquele plantados no inverno. Associado a isto, a presença de classes de solos com baixa capacidade de armazenamento de água influi diretamente sobre a produtividade em períodos secos. Esse fator acarreta também em perdas financeiras aos agricultores que dependem desse cultivo, o que evidencia os riscos associados ao plantio de um único cultivo em sistemas de produção familiar no município de Simão Dias.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Sergipe; Fapitec.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Livro

AYOADE, J.O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In.: MONTEIRO, José Eduardo B. A. (Org.) Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em:
http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/home/publicacoes/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M. **Ecofisiologia**. 3.ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, nov. 2007. ISSN 1679-012. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27330/1/Ecofisiologia.pdf>

Acesso em: 04 fev. 2019.

Capítulo de livro

MARENCO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In.:MEDEIROS, S.S.; GHEYI, H.R.;

GALVÃO, C.O.; SILVA PAZ, V.P. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011, p.383-422

Artigo em revista acadêmica

CIAMPITTI, I. A.; ELMORE, R.W.; LAUER, J. Corn Growth and Development, **Special Report**, Extensão da Universidade Estadual de Iowa, v.1009, 2011.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, Dez. 2005.

MARENGO, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n.27, p.149-176 dez. 2008. Disponível em: seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/329/323 Acesso em: 04 jan. 2019.

UVO, C. R. B.; NOBRE, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação no Norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. **Climanálise**, v. 4, n. 7, p.34-40, 1989

Homepage institucional

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**- Resultados preliminares. Disponível em:

https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html Acesso em: 06 dez. 2018.

Artigo em site institucional

CRUZ, M.A.S.; AMORIM, J.R.A.; NOGUEIRA JR, L.R.; GALINA, M.H. Estimativa da precipitação anual média e avaliação de sua influência na produção de milho no polo produtivo de Sergipe. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEONORDESTE, Aracaju, nov. 2014.

SILVA, A. B.; ACCIOLY, L. J. O.; BARROS, H. C.; SOUSA, A. R.; TABOSA, J.N. Potencial dos solos do município de Simão Dias (SE) para a cultura do milho (*Zea mays* L.) no manejo com alta tecnologia. Reunião Nordestina de Ciência do Solo, Ilhéus, UESC, 2014.

ÉPOCAS RECOMENDADAS PARA O PLANTIO DA SOJA NA REGIÃO DE GERAIS DE BALSAS-MA

Lucilara Rodrigues Mendes¹; Keliane Paiva da Silva¹; Mário Augusto Pereira Júnior¹; Fernando José Pereira Ferreira¹; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes¹
Autor para correspondência: laramendero@gmail.com

¹Universidade Estadual do Maranhão

RESUMO

As perdas agrícolas estão condicionadas a vários fatores, porém a variabilidade das chuvas durante o ciclo produtivo ainda representa. Diante dessa premissa, o estudo visa identificar e analisar a estação de crescimento e a disponibilidade hídrica na região de Gerais de Balsas, considerada uma região homogênea de precipitação localizada no sul do Maranhão, e a partir da interação entre clima, solo e planta identificar as melhores épocas de plantio para a culta da soja. Os resultados mostraram que a região apresenta um período chuvoso de outubro a abril e outro seco de maio a setembro. A partir de novembro começa o período de reposição de água no solo e somente a partir de janeiro o período de excesso hídrico que se prolonga até março. Os resultados também sugerem que a região está sujeita a ocorrências de veranicos principalmente nos meses de novembro, fevereiro e março. O plantio é recomendado a partir do terceiro decêndio de outubro nos três tipos de solos, podendo ser prolongado até o segundo decêndio de fevereiro nos solos de textura média e argilosa. Não se recomenda o plantio antes do terceiro decêndio de outubro devido à baixa disponibilidade de água durante a semeadura e depois do primeiro e segundo decêndio de fevereiro nos solos de textura arenosa e médio-argilosa devido a baixa disponibilidade de água na fase de floração e enchimento de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Risco Climático;; Estação de crescimento;; Balanço hídrico.

KEY-WORDS: Climate Risk;; Growing season;; Hydric balance.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max (L.)*) pertencente à família da *Fabaceae* é uma cultura apresenta grande importância econômica, onde seus grãos são destinados para agroindústria (ração animal, óleo vegetal, alimentos) e indústria química. Ao longo dos anos a cultura tem se destacado no Brasil, apresentando contínua expansão no Nordeste do país.

Segundo dados da PAM 2015, a quantidade produzida no Maranhão foi de 2.099.507 toneladas, com área colhida de 1.829.354 hectares, obtendo um rendimento médio de 202.989 kg/ha. Colocando o Estado como o segundo maior produtor da região Nordeste, atrás da Bahia. A região sul do Estado concentra a maior produção de soja, com destaque ao município de Balsas que em 2015 produziu 501.668 toneladas com rendimento médio de 2.760 kg/há (IBGE, 2015).

Considerando as condições climáticas para a cultura da soja, a temperatura adequada às exigências da cultura oscila entre 20°C e 30°C sendo que a temperatura ideal pra seu desenvolvimento está em torno de 30°C. Estima-se que a necessidade de água para todo o ciclo da cultura, seja de 450 a 800 mm (EMBRAPA, 2007). Sob esse aspecto, o calendário agrícola surge como alternativa para reduzir ou impedir danos na produção agrícola.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Geral: Minimizar os riscos de perdas agrícolas decorrentes da variabilidade temporal das chuvas na região de Gerais de Balsas-MA.

Específicos: Definir e caracterizar a estação de crescimento; Avaliar a disponibilidade hídrica para o cultivo da soja; Identificar as melhores épocas de plantio.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido para a região denominada de Gerais de Balsas, localizada no sul do estado do Maranhão, conforme mostrada da Figura 1. Esta região corresponde a uma das 10 regiões homogêneas de precipitação identificada por Menezes (2009).

Figura 1: Localização geográfica da região de Gerais de Balsas no estado do Maranhão.



Foram utilizados totais diários de precipitação pluvial e temperatura do ar para um período de 30 anos (1987-2016), obtidos do acervo do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. A temperatura do ar foi utilizada para determinar evapotranspiração potencial, estimada pelo método de Thornthwaite (1948).

Os dados de precipitação pluvial e evapotranspiração potencial foram utilizados na estimativa das componentes do balanço hídrico para avaliar os períodos de excesso, deficiência, retirada e reposição de água no solo através do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), bem como na determinação da estação de crescimento, proposta por Doorenbos & Kassam (1979), para estabelecer o início e fim da estação chuvosa e úmida da região. Por esse critério o início da estação chuvosa e de crescimento ocorre quando o total de precipitação é superior a metade da evapotranspiração potencial e termina quando o total de precipitação se torna inferior a metade da evapotranspiração potencial. O período úmido começa quando o total de precipitação supera a evapotranspiração potencial e termina quando o total de precipitação se torna inferior a evapotranspiração potencial.

Para definir as melhores épocas de plantio foi utilizado o critério do Índice de Satisfação das Necessidades de Água da cultura – ISNA, obtido pela relação entre a evapotranspiração real e evapotranspiração Máxima da cultura. É um critério que integra três bases importantes: Clima - Precipitação diária e Evapotranspiração Potencial; Solo - Capacidade de Armazenamento de Água no Solo (CAD) e Planta – profundidade efetiva do sistema radicular, ciclo produtivo/fases fenológicas e coeficiente de crescimento.

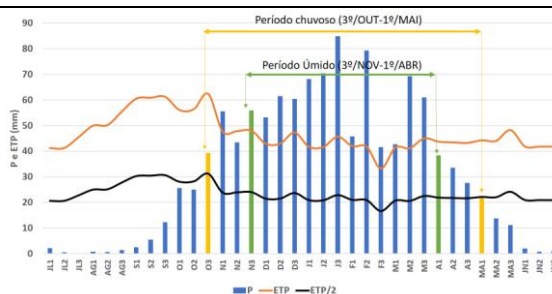
Para a cultura da soja foram utilizados os seguintes parâmetros: Ciclo produtivo de 120 dias, duração das fases fenológicas, profundidade efetiva do sistema radicular de 40 cm, água disponível para solo arenoso de 0,6 mm/cm, textura média de 1,2 mm/cm e argiloso de 1,8 mm/cm. A capacidade de Água Disponível foi de 24 mm, para solo arenoso, 48 mm, para solo de textura média e 72 mm para solo de textura argilosa.

Após a interação entre os fatores clima, solo e planta, a partir do modelo Sarrazon, que simula o balanço hídrico de água no solo para a cultura, foram determinados os Índices de Satisfação das Necessidades de Água – ISNA, para a fase I (semeadura/emergência) e fase III do ciclo produtivo (floração/enchimento de grãos), considerando a probabilidade de ocorrência de 80%. As datas foram consideradas propícias ao plantio quando não há estrição hídrica nas fases I (ISNA $\geq 0,5$) e III (ISNA $\geq 0,65$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

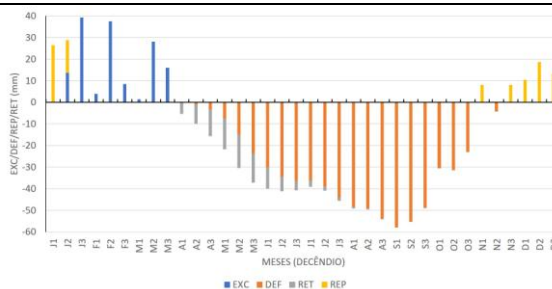
O período de chuvas na região, de acordo com o Gráfico 1, vai do terceiro decêndio de outubro ao primeiro decêndio de maio, com total acumulado de precipitação de 1054 mm. O período úmido inicia efetivamente no terceiro decêndio de novembro e termina no primeiro decêndio de abril, totalizando 832 mm. Observa-se no primeiro decêndio de novembro um início falso do período úmido uma vez que no decêndio seguinte volta haver redução de chuvas abaixo da evapotranspiração potencial. Observa-se também, que em pleno período úmido que nos totais de precipitação no primeiro e terceiro decêndio de fevereiro e no primeiro decêndio de março. Estas reduções estão associadas há ocorrências de veranicos, muito comuns nessa época do ano sobre a região.

Gráfico 1: Estação de crescimento para a região de Gerais Balsas-MA



As chuvas iniciam no terceiro decêndio de outubro, porém a região encontra-se no fim do período seco, onde ainda se observa deficiência hídrica. A reposição de água no solo começa no primeiro decêndio de novembro, porém com deficiência hídrica sendo observada no decêndio seguinte. Desta forma, o período de reposição só começa efetivamente a partir do terceiro decêndio novembro quando as chuvas começam a se estabelecer sobre a região, prolongando-se até o segundo decêndio de janeiro, quando começa o período de excesso hídrico que vai até o terceiro decêndio de março, totalizando 148,5 mm, enquanto que o período de deficiência hídrica contabiliza uma perda de 671 mm. Entre o segundo decêndio de maio e o segundo decêndio de outubro os totais pluviométricos não são suficientes para atender a demanda das culturas, sendo o plantio só recomendado com irrigação.

Gráfico 2: Balanço hídrico climático para a região de Gerais de Balsas-MA



A região compreende uma área de 43626 Km², dessa área, 42% é de solo arenoso, onde se recomenda o plantio entre o terceiro decêndio de outubro e o primeiro decêndio de fevereiro. Em torno de 17% da região é coberta por solos de textura média e 41% de solos de textura argilosa, nos quais o plantio é recomendado do primeiro decêndio de outubro ao segundo decêndio de fevereiro, conforme descrito na Tabela 1. Os

plantios realizados antes do terceiro decêndio de outubro, nos três tipos de solos, sofrem restrição devido a baixa disponibilidade de água durante a semeadura, muito embora tenha disponibilidade de água na fase de floração e enchimento de grãos. Por outro lado, os plantios realizados a partir do segundo decêndio de fevereiro, nos solos arenosos e terceiro decêndio de fevereiro, nos solos de textura média e argilosos, sofre restrição devido a baixa disponibilidade de água na fase de floração e enchimento de grãos. A partir desses períodos só é recomendado o plantio safrinha.

Tabela 1: Calendário de plantio para os diferentes tipos de solos

Solos Textura	Meses/Decêndio																				
	Out			Nov			Dez			Jan			Fev			Mar			Abr		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Arenosa			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
Média			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
Argilosa			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A região apresenta dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a abril e outro seco de maio a setembro. Há boa disponibilidade de água para o cultivo da soja, principalmente a partir de novembro, quando efetivamente começa o período úmido, porém observa-se grande variabilidade temporal das chuvas com períodos de redução dos totais pluviométricos, o que sugere ocorrências de veranicos. O plantio é recomendado a partir do terceiro decêndio de outubro nos três tipos de solos, podendo ser prolongado até o segundo decêndio de fevereiro nos solos de textura média e argilosa. Não se recomenda o plantio antes do terceiro decêndio de outubro devido a baixa disponibilidade de água durante a semeadura e depois do primeiro e segundo decêndio de fevereiro nos solos de textura arenosa e média/argilosa devido a baixa disponibilidade de água na fase de floração e enchimento de grãos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 197p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

FARIAS, B. R. J.; NEPOMUCENO, L. A.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Circular Técnica n. 48, Embrapa – Soja, Set. 2007.

IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2015. Disponível em ><https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2015/default.shtm> Acesso em: 10/05/2019.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review, v.38, n.1, 1948, pp. 55-94.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, N. J. 1955, 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

RELAÇÃO ENTRE ACIONAMENTOS DO GARANTIA-SAFRA, PRECIPITAÇÃO E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Daniel de Castro Victoria¹; Aryeverton Fortes de Oliveira¹; Santiago Vianna Cuadra^{1,2}
Autor para correspondência: daniel.victoria@embrapa.br

¹Embrapa Informática Agropecuária; ²Embrapa Clima Temperado

RESUMO

O Garantia-Safra (GS) é uma ação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) que efetua pagamentos aos pequenos agricultores em caso de perdas agrícolas. Trata-se, portanto, de um programa social que contempla eventos agrometeorológicos nas regras de pagamento. Considerar a severidade e frequência de ocorrência de tais eventos adversos passa então a ser importante para o desenho financeiro do programa, de maneira a garantir sua sustentabilidade e execução eficiente. Dados dos pagamentos efetuados pelo programa, entre os anos de 2013 a 2018, foram comparados à precipitação e índices de vegetação nos municípios beneficiados, permitindo avaliar a relação entre ambos. Uma forte estiagem atingiu o semiárido brasileiro entre os anos de 2011 a 2016, afetando os pagamentos do GS. As variáveis avaliadas mostraram-se relacionadas aos pagamentos do GS, com menores valores nos municípios beneficiados, com destaque para as anomalias no índice de vegetação e a precipitação acumulada no quadrimestre mais chuvoso. Os indicadores de precipitação e crescimento vegetativo analisados são candidatos ao monitoramento das condições para pagamento de benefícios, e sinalizam a possibilidade de utilização na gestão e promoção de melhorias do Garantia Safra. É necessário aprofundar os estudos e promover a discussão dos resultados com gestores do Garantia Safra, inclusive para incorporar elementos distintos do agroclimático que interferem na sistemática de pagamentos do programa e prejudicam sua sustentabilidade e eficiência no atendimento das populações de pequenos agricultores atingidos pela seca.

PALAVRAS-CHAVE: Risco agrícola; quebra de safra; monitoramento agrícola

PRECIPITATION, VEGETATION INDICES AND GARANTIA-SAFRA PROGRAM PAYOUTS

ABSTRACT

The *Garantia-Safra* (GS – Crop Assurance Program) is part of the National Program for Strengthening Family Agriculture (PRONAF), which pays small farmers in case of crop failure. As social security program that incorporates agrometeorological events, its important to consider the frequency and severity of adverse conditions in order to maintain the financial sustainability of the program. Payouts from the GS program, from years 2013 to 2018, were compared to precipitation and vegetation indices at the municipal level. The Brazilian semi-arid region underwent a strong drought between the years 2011 to 2016, which affected GS payouts. The variables evaluated showed good relationship with GS payouts, with lower values at the municipalities that received payments. Vegetation indices anomalies and total precipitation at the wettest quarter showed the highest relation. Both precipitation and vegetation indices evaluated could be used to monitor payout conditions and improve program practices. Further analysis and discussion with GS program manager are necessary, in order to evaluate other payout elements not related to agrometeorological factors that influence GS, hinders the program sustainability and the aid needed by small farmers affected by droughts.

KEY-WORDS: Agricultural risk; crop failure; agricultural monitoring

INTRODUÇÃO

O setor agrícola brasileiro representou, em 2018, 21,1% do PIB, 19,59% do mercado de trabalho no último trimestre de 2018 e 42,3% do total das vendas externas brasileiras entre Fevereiro de 2018 e Janeiro de 2019. Parte significativa da produção é gerada pelos cerca de 4,4 milhões de agricultores de pequena escala ou agricultura familiar (IBGE, 2012). Esses correspondem a 84% dos produtores do país, são responsáveis por um terço do PIB Agrícola (GUILHOTO et al., 2007) e mais de 50% dos produtos que compõem a dieta básica no Brasil (SEAD, 2017). A agricultura familiar desempenha papel mais relevante nas regiões Norte (49%), Sul (47%) e Nordeste (38%) (GUILHOTO et al., 2007).

Dentre os instrumentos para apoio à agricultura familiar, podemos citar o Garantia-Safra (GS), ação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) que efetua pagamentos aos pequenos agricultores em caso de perdas agrícolas. Os beneficiários do programa fazem jus ao pagamento caso o município em que residem apresente perdas superiores a 50% no conjunto das produções de feijão, milho, arroz, mandioca, algodão ou outras culturas a serem definidas (SEAD, 2017). Trata-se, portanto, de um programa social que auxilia o pequeno agricultor no caso de adversidades climáticas. Inicialmente voltado para a área de atuação da SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), o programa foi expandido no ano de 2012, permitindo a adesão de agricultores de outros estados brasileiros.

Por contemplar elementos agrometeorológicos nas regras de pagamento, faz-se necessário considerar a severidade e frequência de ocorrência de eventos adversos, principalmente seca, tendo em vista um melhor desenho financeiro do programa e a garantia de sua sustentabilidade. A definição dos gatilhos para pagamentos pelo Garantia-Safra, partindo das condições agrometeorológicas locais e seus impactos na produção agrícola, portanto, é uma tarefa essencial para planejamento de receitas e despesas. Quanto mais objetivos e de baixo custo de obtenção das informações para o programa, tanto mais eficiente e sustentável deve ser o Garantia Safra.

A seca é o principal evento agrometeorológico relacionado às quebras de safra no Nordeste. Essa pode ser avaliada a partir dos dados de precipitação de diferentes fontes, como estações meteorológicas, interpolados (XAVIER; KING; SCANLON, 2016) ou de sensoriamento remoto (SU; HONG; LETTENMAIER, 2008). As condições da cobertura vegetal também podem indicar a ocorrência de eventos adversos, permitindo o uso de produtos de sensoriamento remoto, como os índices de vegetação do sensor MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua (RUDORFF, 2007). A partir das anomalias nos índices de vegetação, é possível identificar regiões e períodos que apresentaram secas severas (LEIVAS et al., 2014) assim como relacionar esses índices com quebras de safra (VICTORIA; CUADRA; OLIVEIRA, 2017). Outros autores utilizaram índices de anomalia de precipitação ou índices de vegetação para avaliar eventos de seca no semiárido brasileiro (BRITO et al., 2018). O presente trabalho vai além, relacionando as condições observadas aos benefícios concedidos pelo Garantia-Safra.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a precipitação e as condições da cobertura vegetal nos municípios atendidos pelo programa Garantia-Safra e relacioná-las com o pagamento de benefícios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitas análises relacionando a precipitação quadrimestral, as anomalias de precipitação e de índices de vegetação aos acionamentos do GS, em nível municipal ao longo dos anos de 2013 a 2018. Para tal foram utilizados os seguintes dados e procedimentos.

Adesões e acionamentos do Garantia-Safra

Dados relativos as adesões e pagamentos dos benefícios efetuados pelo GS, em base municipal, foram obtidos a partir do “Painel de Políticas da SEAD” (SEAD, [s.d.]). Para cada ano-safra, de 2013 a 2018, estão disponíveis o número de agricultores aderidos ao programa por município, bem como o número de beneficiados e o valor total pago no ano. De posse dos dados obtidos, foram identificados os municípios que aderiram ao programa em cada ano-safra e quais solicitaram o pagamento dos benefícios.

Precipitação total no quadrimestre e anomalias de precipitação

Para cada um dos municípios que aderiram ao GS, foram calculadas a precipitação total e as anomalias de precipitação para o quadrimestre mais chuvoso. O procedimento completo consistiu em: i) seleção das estações meteorológicas, ii) cálculo da precipitação quadrimestral e identificação do quadrimestre mais chuvoso e iii) cálculo da anomalia de precipitação padronizada (VICENTE-SERRANO et al., 2012) para toda a série histórica, em base municipal. Os procedimentos detalhados foram:

- Seleção das estações meteorológicas: a partir da base de estações meteorológicas utilizadas pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (SANTOS; MARTINS, 2016; STEINMETZ; DA SILVA, 2017) foram identificadas a estação pertencente ou a mais próxima de cada município. A base completa inclui 17.000 estações, das quais 3756 foram selecionadas (estações pluviométricas com ao menos 20 anos de dados e 80% de dados válidos). A série de dados contém a precipitação diária para os anos de 1980 a 2015;
- Identificação do quadrimestre mais chuvoso e quantidade precipitada: para cada estação foi calculada a precipitação acumulada de quatro meses, com início em cada mês do ano ou seja, para o quadrimestre iniciando em Jan-1980, Fev-1980, Mar-1980 e assim por diante. Em seguida foi calculada a climatologia da série completa, permitindo identificar o mês inicial do quadrimestre mais chuvoso e a quantidade precipitada no período;
- Cálculo da anomalia de precipitação padronizada: Considerando apenas o quadrimestre mais chuvoso para cada município em cada ano da série, foi calculada anomalia de precipitação padronizada (SPI, Standardized Precipitation Index), conforme a fórmula a seguir:

$$SPI_{i,a} = \frac{PPT_{i,a} - \overline{PPT_i}}{sd(PPT_i)} \quad \text{Eq. (74)}$$

Onde:

$SPI_{i,a}$ = Anomalia de precipitação no quadrimestre i, ano a;

$PPT_{i,a}$ = Precipitação no quadrimestre i, ano a;

PPT_i = Precipitação média do quadrimestre i;

$sd(PPT_i)$ = Desvio padrão da precipitação do quadrimestre i

Ao final desse processo foi obtido uma série temporal, por município, das anomalias de precipitação ocorridas nos quadrimestres mais chuvosos. Vale ressaltar que o mês inicial do quadrimestre mais chuvoso varia entre municípios.

Anomalias do índice de vegetação

As anomalias no índice de vegetação EVI (Enhanced Vegetation Index) foram calculadas utilizando o produto MOD13Q1, sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo do satélite Terra (RUDORFF, 2007). O procedimento consistiu em calcular o desvio do índice de vegetação (IVP = Índice de Vegetação Padronizado) de maneira análoga ao SPI ou seja, para cada período de 16 dias foram obtidos o valor médio e o desvio padrão do EVI ao longo de toda a série de imagens. Em seguida, o desvio padronizado foi estimado para cada período de 16 dias na série completa. Esse procedimento foi realizado

utilizando imagens com 250m de resolução espacial e para cada município foi extraído o valor médio dos desvios. Todo o processamento foi efetuado na plataforma Google Earth Engine (GORELICK et al., 2017), que permite processar grandes volumes de dados de maneira rápida e eficiente. Uma descrição mais detalhada da metodologia pode ser vista em VICTORIA; CUADRA; OLIVEIRA (2017).

Por contemplar para cada município, 23 períodos de 16 dias em 18 anos de imagens, optou-se por utilizar um indicador síntese para a série IVP, a somatória dos IVPs ao longo do ano. Com isso, pretendeu-se captar se determinado município apresentou mais desvios positivos ou negativos durante o ano. Valores muito positivos indicam um ano em que a vegetação esteve “mais verde” que a média, enquanto valores negativos, “menos verde”.

Análise dos dados

Foram avaliadas as distribuições dos valores de cada indicador levantado (precipitação quadrimestral, anomalia de precipitação e anomalia do índice de vegetação) em relação aos dois conjuntos de municípios, com ou sem acionamento do GS

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adesões e acionamentos do Garantia-Safra

Em média, 1200 municípios aderiram ao GS entre os anos de 2013 a 2018. A safra 2015-2016 contou com o maior número municípios beneficiados pelo programa (1035), enquanto que as safras seguintes apresentaram redução (Figura 1). Chama a atenção a elevada proporção de municípios beneficiados em relação ao número de adesões, que oscilou entre 70% a 80% nas safras 2012-2013 a 2015-2016. Já nas safras seguintes a proporção reduziu para 64% e 25%, respectivamente. Benefícios pagos em 2019, referentes à safra 2017-2018, podem levar à atualização dos valores.

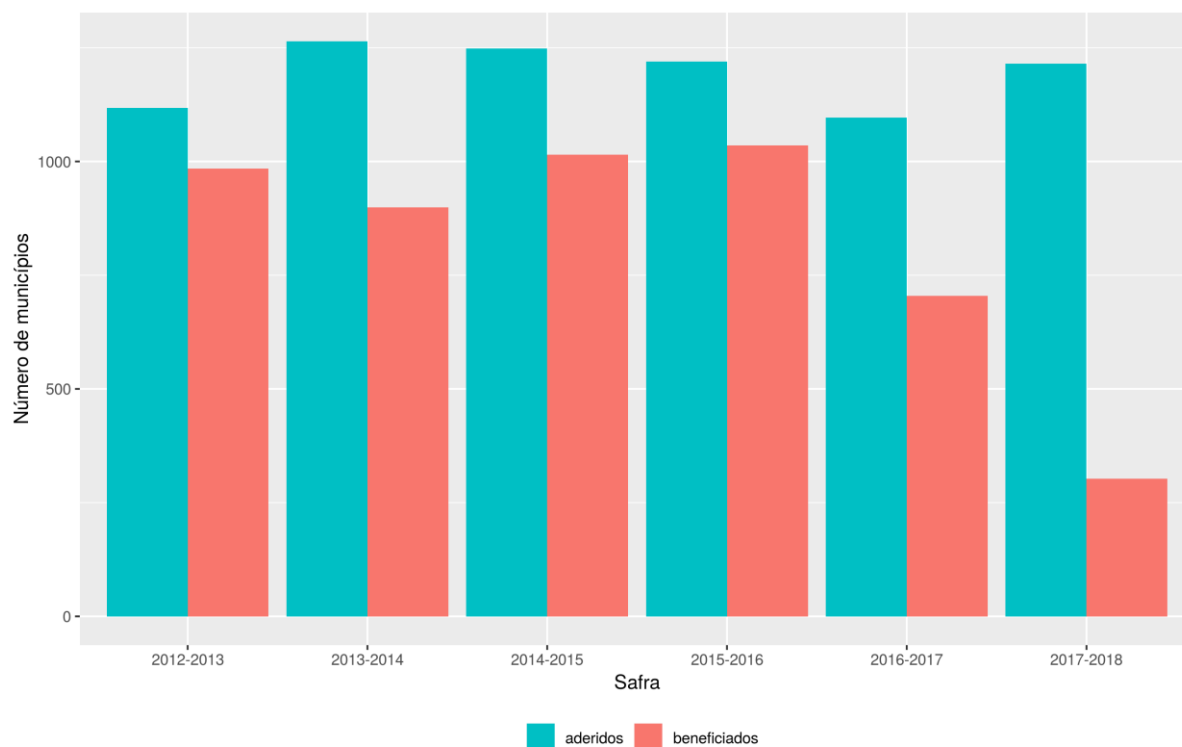


Figura 1: Número de municípios cadastrados e beneficiados no programa GS entre as safras 2012-2013 a 2017-2018.

Precipitação quadrimestral e anomalias de precipitação

Para a maioria dos municípios cadastrados no GS, a precipitação no quadrimestre mais chuvoso nos anos de 2012 a 2016 foi inferior à 500 mm (Figura 2). Situação semelhante foi observada nos anos de 2001 e 2010. Os dados de precipitação indicam a ocorrência de um período mais seco nas safras de 2012-2013 a 2016-2017, o que explica a maior taxa de acionamentos do GS. Outros autores apontam que a estiagem ocorrida nos anos de 2011 a 2016 foi a maior dos últimos 36 anos em termos de duração e severidade (BRITO et al., 2018; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017). Esse período coincide com a época na qual estão disponíveis dados do programa GS, o que dificulta uma análise mais apurada sobre as relações entre os acionamentos e as condições meteorológicas e da vegetação.

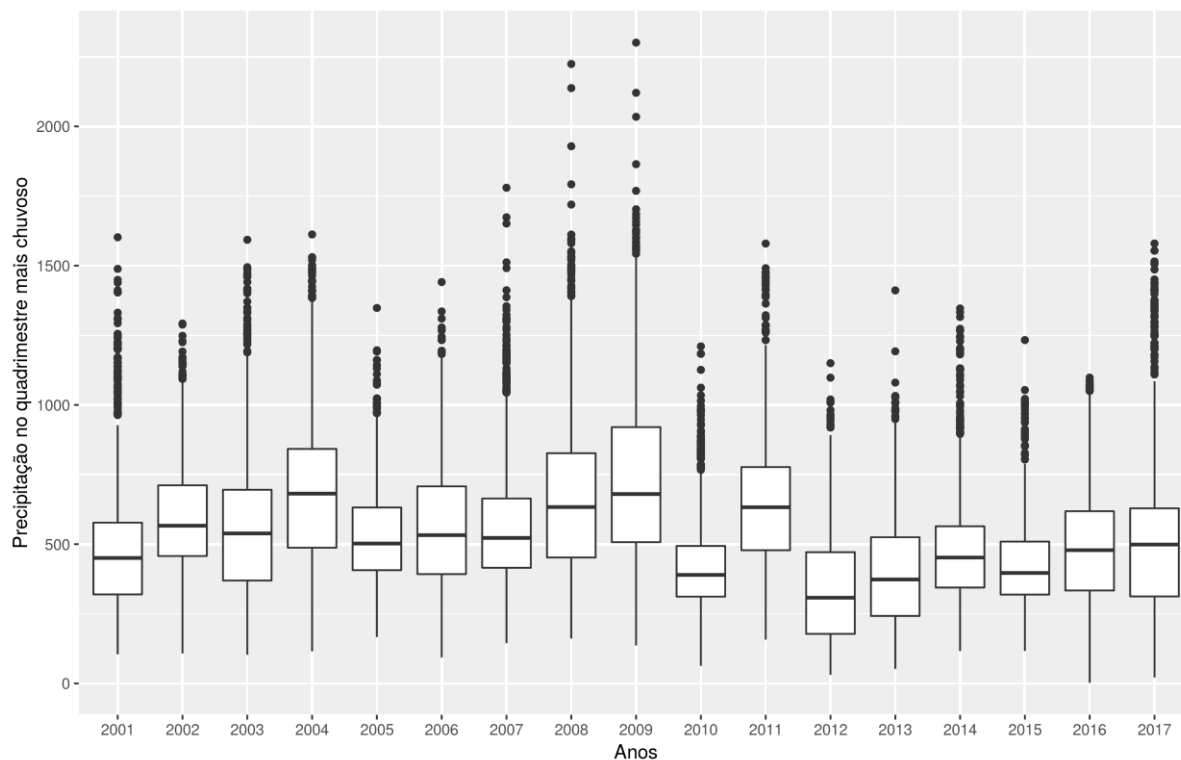


Figura 2: Boxplot da precipitação total no quadrimestre mais chuvoso para os municípios cadastrados no GS.

Os anos sucessivos de precipitação muito baixa trazem uma pressão para a sustentabilidade do GS. Teoricamente, um programa de seguro deveria ser capaz de minimizar os custos de pagamento de benefícios com receitas arrecadadas em anos de bom desempenho no campo, mas a situação de perdas sistemáticas e sucessivas, que ocorre provavelmente em municípios específicos da região atendida, limitam as possibilidades de seguro e resseguro do programa. Certamente, mecanismos de política e recursos públicos devem continuar a ser mobilizados para atendimento dos interesses nessas localidades.

A precipitação quadrimestral nos municípios beneficiados pelo GS foi inferior ao volume precipitado nos municípios não beneficiados (diferença significativa pelo teste t). Via de regra, os municípios que receberam benefício do GS apresentaram precipitação inferior a 500 mm. Também foi possível identificar que para alguns anos, como 2014, 2015 e 2017, existe maior diferenciação entre os dois grupos (Figura 3). Já para o ano de 2013, a diferença se mostrou menor, apesar de significativa pelo teste t ($p = 0,004$).

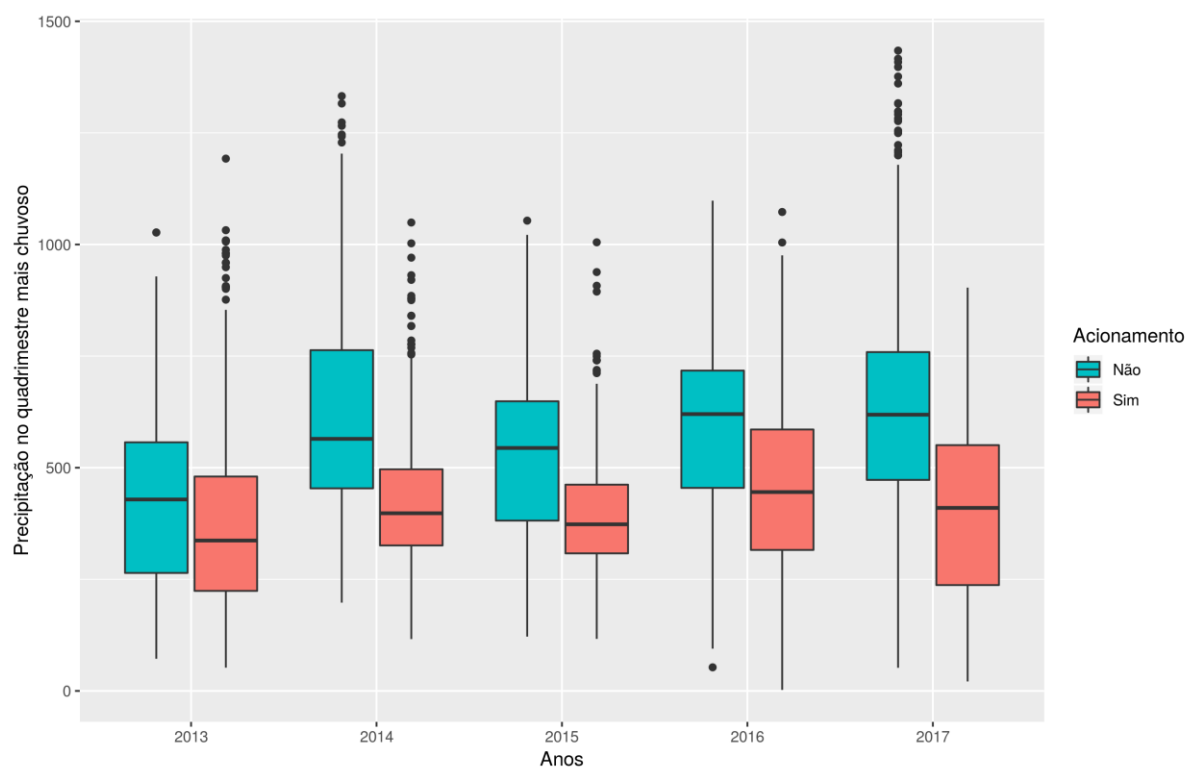


Figura 3: Boxplot da precipitação no quadrimestre mais chuvoso para os municípios cadastrados no GS que acionaram ou não o benefício entre os anos de 2013 a 2017.

As anomalias de precipitação (SPI) no quadrimestre mais chuvoso foram, em sua maioria, negativas para os anos de 2012 a 2017 (Figura 4), o que também está de acordo com o maior número de acionamentos do GS e outros trabalhos para a região (BRITO et al., 2018). Considerando todo o período de dados, existe diferença significativa (teste t, $p < 2.2e-16$) entre as anomalias dos municípios que acionaram ou não (Figura 5). No entanto, ao contrário do observado com a precipitação quadrimestral, apenas os anos de 2013, 2015 e 2017 apresentaram diferenças significativas pelo teste t.

As diferenças entre os municípios em termos de acionamentos podem ser causadas, a partir da observação empírica dos dados, por fatores sistemáticos, que prejudicam a produção nos locais com precipitação abaixo de 500 mm, ou por evento esporádico, que apresenta severidade de perdas nos anos de anomalia significativa da precipitação em relação ao padrão climático local.

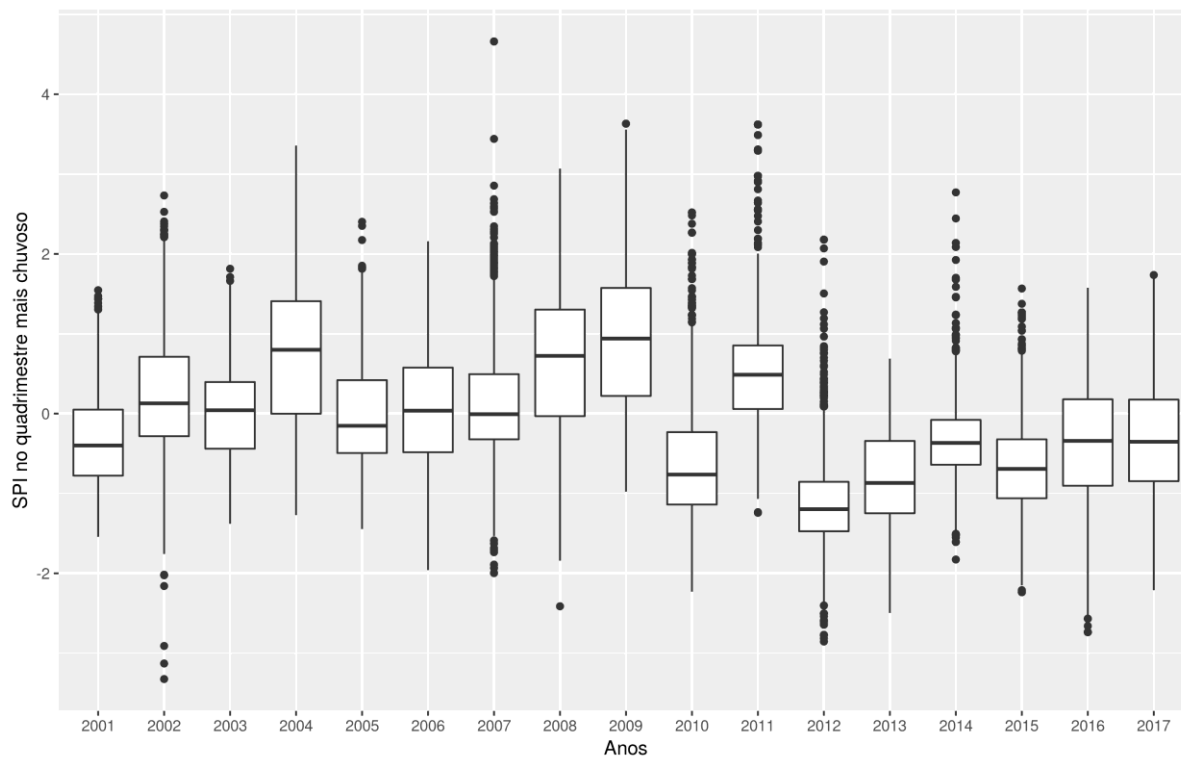


Figura 4: Boxplot da anomalia de precipitação (SPI) no quadrimestre mais chuvoso para os municípios cadastrados no GS.

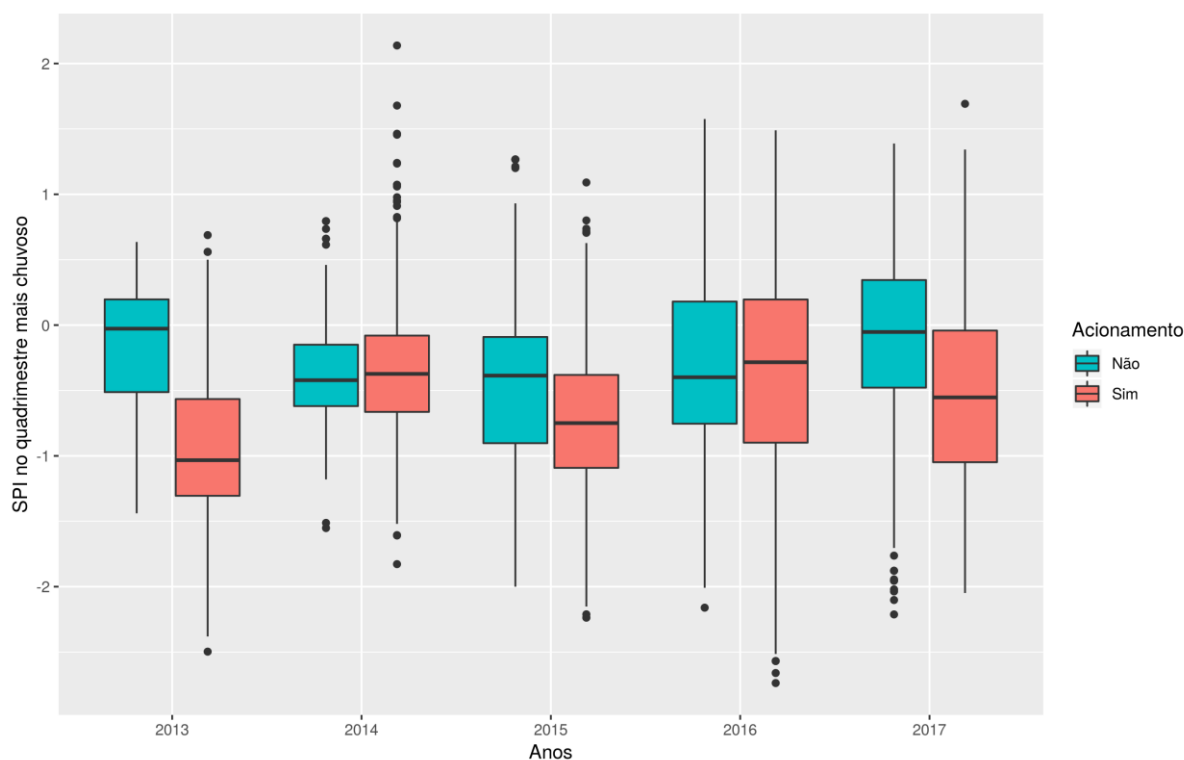


Figura 5: Boxplot da precipitação no quadrimestre mais chuvoso para os municípios cadastrados no GS que acionaram ou não o benefício entre os anos de 2013 a 2017.

Anomalias do índice de vegetação

De forma semelhante ao observado na precipitação quadrimestral e nas anomalias de precipitação, a elevada anomalia negativa do índice de vegetação (IVP) reflete no alto percentual de acionamentos do GS nas safras 2012-2013 a 2016-2017 (Figura 6). Entre os anos 2012 a 2017 foram observadas anomalias negativas para a maior parte dos municípios. Já para o ano de 2018, as anomalias foram menores (mediana próxima a zero), o que pode explicar em parte o menor número de benefícios concedidos.

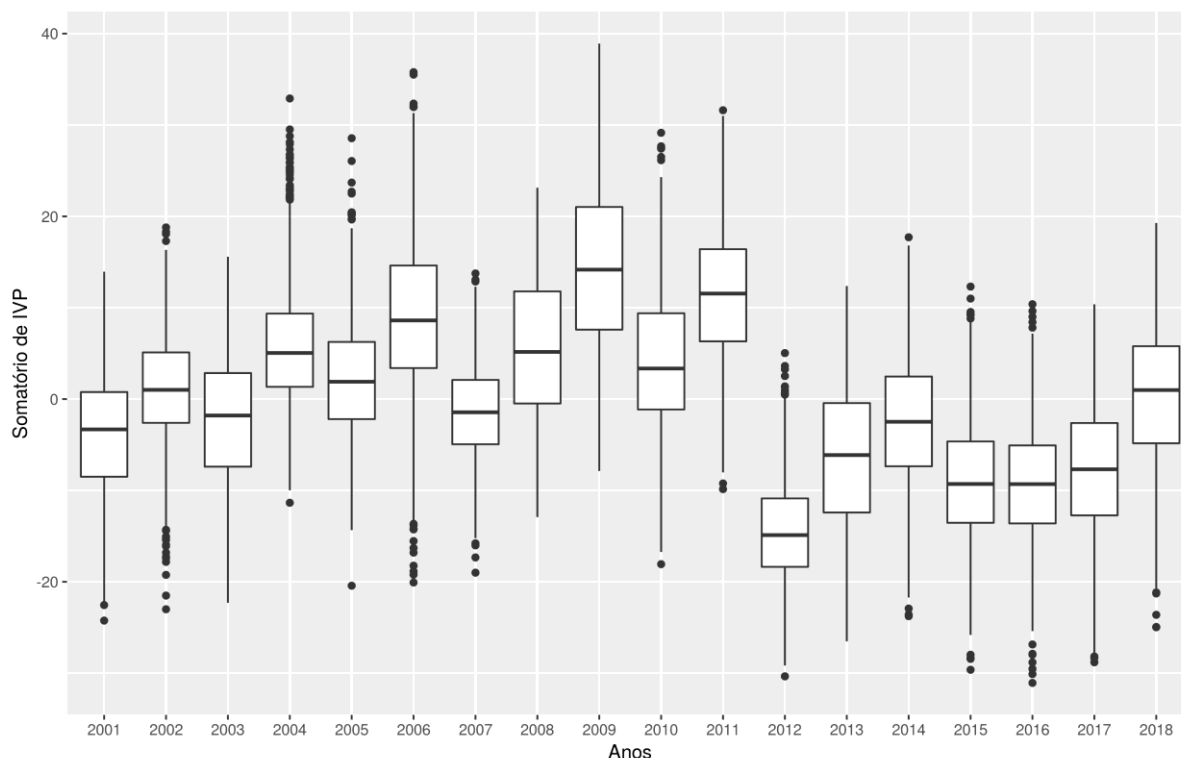


Figura 6: Boxplot da anomalia anual do índice de vegetação (IVP) para os municípios cadastrados no GS.

Existe diferença (significativa pelo teste t) no somatório do IVP observado nos municípios que acionaram o GS em relação aos que não acionaram (Figura 7), tanto para a série completa de dados, quanto para os anos individualmente. O ano de 2016 foi o que apresentou a menor diferenciação, apesar de significativa (teste t, $p = 0,003$).

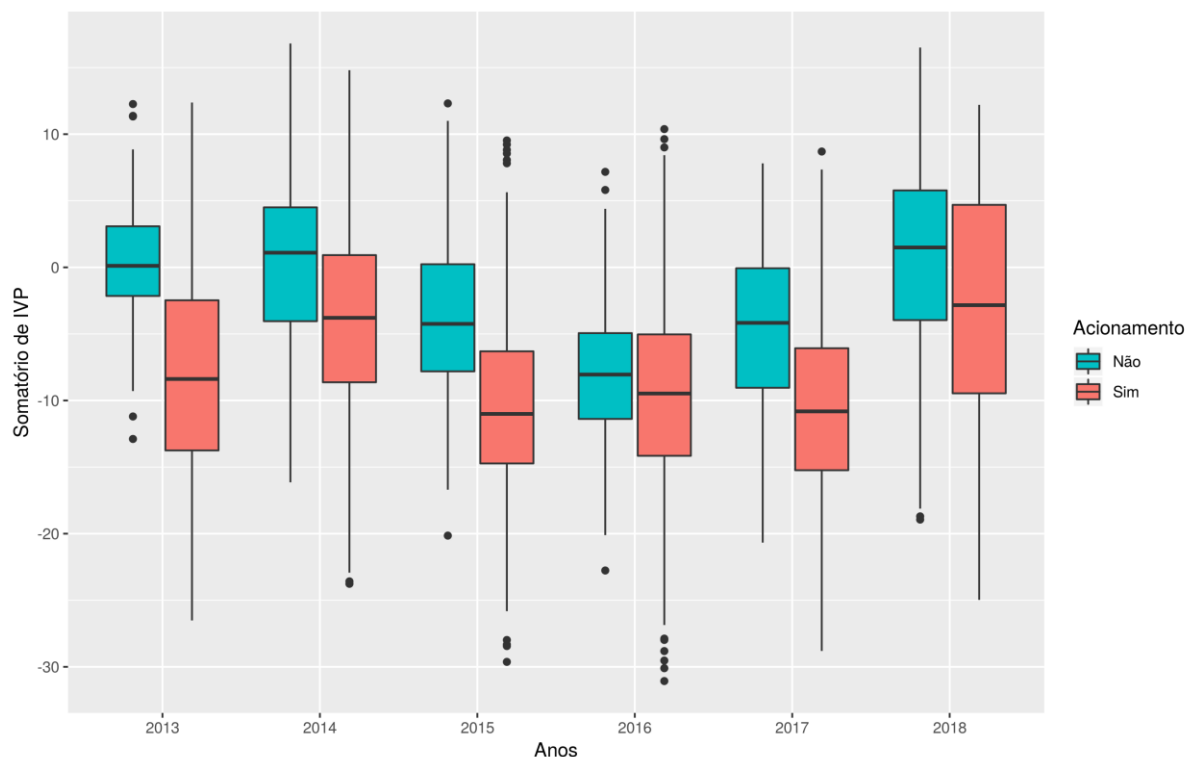


Figura 7: Boxplot da anomalia anual do índice de vegetação (IVP) para os municípios cadastrados no GS que acionaram ou não o benefício entre os anos de 2013 a 2018

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Apesar de ter iniciado em 2002, os dados do programa Garantia-Safra estão disponíveis ao público em geral a partir de 2012, o que coincide com período de forte estiagem no semiárido brasileiro. Com isso, as análises de frequência de acionamento e condições meteorológicas relacionadas às quebras podem ficar prejudicadas. A disponibilização de uma série mais longa, de preferência desde o início do programa, é de grande importância para realização de análises mais detalhadas.

Os três índices avaliados (precipitação quadrimestral, anomalia de precipitação e anomalia de EVI) foram capazes de captar diferenças entre os municípios onde houve acionamento do GS. No entanto, o IVP (anomalia de EVI) apresentou a maior diferença significativa, seguido pela precipitação quadrimestral.

Os indicadores de precipitação e crescimento vegetativo analisados são candidatos ao monitoramento das condições para pagamento de benefícios, e sinalizam a possibilidade de utilização na gestão e promoção de melhorias do Garantia Safra. É necessário aprofundar os estudos e promover a discussão dos resultados com gestores do Garantia Safra, inclusive para incorporar elementos distintos do agroclimático que interferem na sistemática de pagamentos do programa e prejudicam sua sustentabilidade e eficiência no atendimento das populações de pequenos agricultores atingidos pela seca.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Embrapa e ao BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento, pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa, através da Cooperação Técnica Não-Reembolsável BR-T1404.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRITO, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semi-arid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, v. 38, n. 2, p. 517–529, 1 fev. 2018.

- GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, Big Remotely Sensed Data: tools, applications and experiences. v. 202, p. 18–27, 1 dez. 2017.
- GUILHOTO, J. J. M. et al. **PIB da agricultura familiar: Brasil-Estados**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2007.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Segunda apuração ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- LEIVAS, J. F. et al. AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PADRONIZADO NO MONITORAMENTO INDICATIVO DE ESTIAGENS EM PERÍODOS CRÍTICOS DA SOJA NO SUL DO BRASIL. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 5, n. 66/5, 4 nov. 2014.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3, p. 1189–1200, 1 ago. 2017.
- RUDORFF, B. F. T. R. **Sensor Modis e Suas Aplicações Ambientas no Brasil**. [s.l.] Editora Parêntese, 2007.
- SANTOS, W. G. DOS; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 73–94, 29 dez. 2016.
- SEAD, S. E. DE A. F. E DO D. A. **Plano Safra da Agricultura Familiar: 2017 - 2020**, 2017. Disponível em:
<http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1684/3Baixa_Cartilha_Plano_Safra_2017.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017
- SEAD, S. E. DE A. F. E DO D. A. **Painel de Políticas da SEAD**. Disponível em:
<<http://nead.mda.gov.br/politicas>>. Acesso em: 27 maio. 2019.
- STEINMETZ, S.; DA SILVA, S. C. **Início dos Estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**: Documentos, 312. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1064577/inicio-dos-estudos-sobre-zoneamento-agricola-de-risco-climatico-zarc-no-brasil>>.
- SU, F.; HONG, Y.; LETTENMAIER, D. P. Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the La Plata Basin. **Journal of Hydrometeorology**, v. 9, n. 4, p. 622–640, 2008.
- VICENTE-SERRANO, S. M. et al. Performance of Drought Indices for Ecological, Agricultural, and Hydrological Applications. **Earth Interactions**, v. 16, n. 10, p. 1–27, 26 jun. 2012.
- VICTORIA, D. DE C.; CUADRA, S. V.; OLIVEIRA, A. F. **Séries temporais de índices de vegetação para identificação de quebra de safra**. . In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA (SBIAGRO). Campinas, SP: 2017Disponível em:
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171088/1/Santiago-Series-sbiagro2017.pdf>>
- XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, Maio 2016.

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVO DE MILHO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO

Ricardo Araujo Ferreira Junior¹; Allan Hemerson de Moura²; Iêdo Teodoro³; José Leonaldo de Souza¹; Marcelo Augusto da Silva Soares⁴

Autor para correspondência: ricardo_ceca@hotmail.com

¹Professor na Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas; ²Mestrando na Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas; ³Orientador e Professor na Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas; ⁴Doutorando na Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas

RESUMO

O milho é uma cultura de grande importância para a agropecuária e economia mundial em função da grande demanda para a criação de pequenos animais e para a alimentação humana. Na Zona da Mata de Alagoas a produtividade agrícola do milho fica muito abaixo do potencial das cultivares disponíveis no mercado e o principal motivo desses rendimentos deve-se, principalmente, às irregularidades das chuvas de inverno e à falta de cultivares adaptadas às características ambientais de localidades específicas. O objetivo desse trabalho é analisar o desenvolvimento, crescimento e produtividade do milho em função da variação de adubação. As variáveis analisadas foram: desenvolvimento (duração das fases fenológicas) e produtividade agrícola. Nos tratamentos N0, N1, N2, N3, os rendimentos agrícolas foram 6,2, 7,1, 8,8, 9,0 t ha⁻¹, com uma produtividade média de 7,8 t ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Zea Mays; Adubação; Fenologia

GROWTH, DEVELOPMENT AND CULTIVATION PRODUCTIVITY OF CORN UNDER DIFFERENT LEVELS OF NITROGEN

ABSTRACT

Corn is an crop of great importance for agriculture and the world economy due to the great demand for the creation of small animals and for food. In the Zona da Mata of Alagoas, maize's agricultural productivity is far below the potential of the cultivars available in the market and the main reason for these yields is mainly due to the irregularities of the winter rains and the lack of cultivars adapted to the environmental characteristics of localities specific. The objective this work is analyze development, growth and productivity of maize in function of the variation of fertilization. The variables analyzed were and agricultural productivity. In the treatments N0, N1, N2, N3, agricultural yields were 6.2, 7.1, 8.8, 9.0 t ha⁻¹, with an average productivity of 7.8 t ha⁻¹.

KEY-WORDS: Zea Mays; Fertilization; Phenology

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays L.*) é uma das culturas agrícolas de maior importância para agropecuária, bem como para economia mundial. Esse cereal também é uma das culturas agrícolas muito importante para o Brasil, não só do ponto de vista econômico, em função da extensa área cultivada, mas também nutricional, em razão da diversidade de utilização como principal fonte de energia para alimentação humana e animal, assim como na

produção de biocombustível e como matéria-prima para indústria, principalmente por causa da quantidade e da natureza das reservas energéticas acumuladas nos grãos (SCHITTENHELM, 2008). No nordeste brasileiro, a produtividade média do milho é $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, no Estado de Alagoas cuja demanda anual é mais ou menos 260 mil toneladas, anualmente a produção é 30 a 40 mil toneladas, com rendimento médio de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2018). Dentre os principais motivos para os baixos rendimentos dos cultivos de milho na Região Nordeste e em Alagoas, destacam-se a deficiência hídrica provocada pela irregularidade das chuvas e a deficiência nutricional das plantas, sobretudo a deficiência de nitrogênio (N). A adubação nitrogenada é um fator agrônomo de forte influência na produtividade dos cultivos de milho porque o N é o elemento químico mais consumido e exportado pelas plantas dessa cultura agrícola. Diversos pesquisadores, a exemplo de Cardoso et al. (2010) e Farinelli & Lemos (2012), observaram que a adubação nitrogenada tem influência direta com o rendimento agrícola do milho.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o crescimento, desenvolvimento e a produtividade agrícola do milho em diferentes doses de nitrogênio na Zona da Mata alagoana.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), em Rio Largo - AL. O solo do cultivo é um Latossolo amarelo distrocoeso argissólico de textura média/argilosa. O clima da região é caracterizado, pela classificação de Thornthwaite e Mather, como úmido, megatérmico (quente), com deficiência de água moderada no verão e grande excesso de água no inverno. A precipitação pluvial média anual é 1.818 mm, com mínima (41 mm) em janeiro e máxima (294 mm) em julho. A temperatura do ar varia de $19,3$ (agosto) a $31,7$ °C (janeiro), com média anual de $25,4$ °C e umidade relativa do ar média mensal acima de 70% (SOUZA et al., 2006).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com nove tratamentos, cinco lâminas de irrigação (40%, 80%, 120%, 160% e 200% da evapotranspiração da cultura - ETc) nas parcelas, quatro doses de Nitrogênio (N0, N1, N2 e N3, com 0, 75, 150, 225 kg ha^{-1} , respectivamente) nas sub parcelas e quatro repetições. Mas nesse trabalho serão analisadas apenas as influências das doses de nitrogênio.

Os sulcos de 8,0 m de comprimento espaçados de 0,8 m, foram feitos manualmente. A adubação de fundação foi feita visando uma produtividade agrícola acima de 10 t ha^{-1} , com 115 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 192 kg ha^{-1} de K_2O .

A cultivar AG7088 foi semeada com duas sementes a cada 0,25 m, aos 15 dias após o plantio (DAP) foi realizado desbaste deixando quatro plantas por metro e em seguida, no mesmo dia, foi realizado a adubação nitrogenada, conforme a dose de cada tratamento das subparcelas. O controle fitossanitário foi realizado com defensivos químicos quando necessário.

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento superficial com fitas gotejadoras de 16 mm de diâmetro, com emissores a cada 0,20 m (uma fita por linha de plantas). Foi realizado um teste que aferiu $5,6 \text{ L h}^{-1}\text{m}^{-1}$, resultando numa intensidade de aplicação de $7,0 \text{ mm h}^{-1}$.

A fenologia da cultura foi feita por meio de observações diárias para verificar a data das mudanças de desenvolvimento das plantas. Os estádios fenológicos foram avaliados em função dos graus-dia acumulados (GDA), determinado a partir da equação 1:



Eq. (75)

em que: T_m (°C) é a temperatura do ar média do dia i (°C); e T_b (°C) é a temperatura basal, que foi igual a 10 °C (LOZADA & ANGELOCCI, 1999).

A produtividade agrícola (kg ha^{-1}) foi estimada em uma balança com resolução de 0,01 g, efetuando-se a medida de todos os grãos existentes nas plantas da área útil $9,6 \text{ m}^2$ de cada subparcela, conforme a equação 2:

em que: Y é a produtividade agrícola (kg ha^{-1}), M é a massa de grãos colhida na área amostrada (kg), C é o comprimento total das linhas colhidas (m) e E é o espaçamento entre linhas (m). Os dados obtidos foram submetidos à análise variância, sendo analisados por regressão polinomial quadrática a ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estágio vegetativo teve início a partir da emergência (VE), aos 4 DAP (GDA = $78,5 \text{ }^\circ\text{C dia}$), encerrando-o no pendoamento (VT) quando o GDA foi $813,1 \text{ }^\circ\text{C dia}$, este período compreendeu 49 DAP. As fases reprodutivas iniciaram com $908,5 \text{ GDA}$ (55 DAP), com o estágio polinização (R1) e encerrou-se aos $1525,1 \text{ GDA}$ (106 DAP), fechando o ciclo da cultura (Tabela 1). A duração das fases fenológicas varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações climáticas, como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo (COSTA, 1994). No presente estudo, a variação das doses de nitrogênio não indeferiu nas fases fenológicas.

Tabela 1: Estádio fenológico, Dias após o plantio* (DAP) e Graus-dia acumulados (GDA), em Rio Largo – AL. *Plantio em 21/11/2017.

Estádio Fenológico	DAP	GDA ($^\circ\text{C dia}$)
Plantio	-	15,0
Emergência (VE)	4	78,5
Folhas (V4)	10	172,4
Folhas (V8)	27	458,3
Folhas (V12)	36	598,2
Emissão do pendão (VT)	49	813,1
Polinização (R1)	55	908,5
Grão leitoso (R2)	68	1112,4
Grão pastoso (R3)	75	1228,7
Grão farináceos (R4)	82	1346,9
Grão farináceos duro (R5)	93	1525,1
Matura. Fisiológica (R6)	106	1739,9

Nos tratamentos N0, N1, N2, N3, os rendimentos agrícolas foram 6,2, 7,1, 8,8, $9,0 \text{ t ha}^{-1}$, com uma produtividade média de $7,8 \text{ t ha}^{-1}$. A análise de variância indicou que teve diferenças significativa ($p \leq 0,01$) e a regressão teve um coeficiente de determinação, $R^2 = 0,9773$ (Figura 1). No intervalo de dose testado não foi suficiente para fazer a produtividade decrescer no excesso de nitrogênio.

Figura 1: Produtividade agrícola (t ha^{-1}) do milho híbrido AG7088, sob diferentes doses de nitrogênio em Rio Largo – AL, no período de 21/11/2017 a 09/03/2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Todas as doses de nitrogênio aplicadas proporcionam ganhos de produtividade para o cultivar de milho (AG7088) investigado. A maior dose aplicada (225 kg ha⁻¹) na pesquisa teve a maior produtividade.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

FAPEAL-Fundação de amparo a pesquisa do estado de Alagoas.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARDOSO, M. J.; SILVA, A. R.; GUIMARÃES, L. J. M.; PARENTONI, S. N.; SETUBAL, J. W. Produtividade de espiga verde de milho sob diferentes níveis de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.2, p.S3786 – S3789, 2010. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82168/1/Produtividade-espiga.pdf> >. Acesso em: 10 de mar. de 2019;

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2018. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. v. 5 - Safra 2017/18, n. 7 – Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-144, abril 2018. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/21088_8ca248b277426bb3974f74efa00abab6 >. Acesso em 15 de fev. de 2019.

COSTA, A. F. S. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio.** Viçosa, 1994. 109p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000101&pid=S0103-9016200000030000100006&lng=pt >. Acesso em: 10 nov. de 2018;

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. **Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados.** Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70. 2012. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pat/v42n1/09.pdf> > Acesso em: 20 de jan. de 2019;

LOZADA, B. I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para a estimativa do subperíodo da semeadura à floração de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.31- 36, 1999. Disponível em < <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=5267&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22LOZADA,%20B,%20I.%22&qFacets=autoria:%22LOZADA,%20B,%20I.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1> >Acesso em: 05 de fev. de 2019;

SCHITTENHELM, S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. **European Journal Agronomy**, Córdoba, v. 29, n. 2, p. 72-79, 2008. Disponível em < <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083205076> >. Acesso em: 20 de mar. de 2019;

SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F. TEODORO, I.; SANTOS, E.A.; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p.131-141, 2006. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/263272825_Analise_da_Precipitacao_e_Temperatura_do_ar_na_regiao_do_Tabuleiro_Costeiro_de_Maceio_periodo_1972-2001 >. Acesso em: 15 de mai. de 2019.

INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO NO BRASIL

Lana Bruna de Oliveira Engers¹; Jean Francesco Wille Donel²; Pedro Henrique Welter³; Sidinei Zwick Radons⁴; Aline Ulzefer Henck³
Autor para correspondência: engers.lana@gmail.com

¹Discente de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ²Engenheiro agrônomo formado pela Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ³Discente de Graduação em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul; ⁴Professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul

RESUMO

O milho é um dos cereais mais produzidos no mundo, devido a sua alta adaptabilidade, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial. No entanto a produtividade do milho no país sofre influência direta do ambiente, pelas modificações de precipitações e temperatura, interferindo na produção, causando grandes preocupações e na tomada de decisão dos agricultores. Portanto, este estudo tem por objetivo a análise das médias das produtividades dos 11 principais estados produtores e do Brasil e a sua relação com a ocorrência dos fenômenos El Niño, La Niña e anos normais. Para a definição da ocorrência do fenômeno ENOS foi utilizada a diferença da temperatura da superfície do mar na região de Niño 3.4 fornecidos pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), e os dados da série histórica fornecidos pela Companhia Nacional e Abastecimento (CONAB). A partir da avaliação das séries históricas verificou-se que em anos de ocorrência de La Niña houve uma maior produtividade de milho em todos os estados e na média geral do país.

PALAVRAS-CHAVE: Zea mays; El Niño; La Niña

ENSO PHENOMENON INFLUENCE ON CORN YIELD IN BRAZIL

ABSTRACT

Corn is one of the most produced cereals in the world, due to its high adaptability, being Brazil the third largest producer in the world. However, corn productivity in Brazil suffers direct influence of the environment, changes in precipitation and temperature, interfering in production, causing great concern and decision making of farmers. Therefore, the objective of this study is to analyze the averages of the productivities of the 11 main producing states and Brazil and their relationship with the occurrence of El Niño, La Niña and normal year's phenomena. In order to define the occurrence of the ENSO phenomenon, the difference between the sea surface temperature in the Niño 3.4 region provided by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and the historical data provided by the Companhia Nacional e Abastecimento (CONAB) will be used. In the years of occurrence of each phase of the ENSO phenomenon will be the standard deviation, thus we will have historical series of the corn crop classified according to the phenomena. From the evaluation of the historical series it was verified that in years of occurrence of La Niña it is heard a greater productivity and production of maize in all the states and in the general average of the country.

KEY-WORDS: Zea mays; El Niño; La Niña

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) se caracteriza como um dos cereais mais cultivados do mundo, pela sua alta adaptabilidade a diversos climas e ambientes. Neste contexto, figura como uma das principais culturas cultivadas na América Latina, contribuindo com uma expectativa de aumento de 28% da produção de milho mundial até 2026, ou seja, um aumento de 39 milhões de toneladas na América Latina (FAO, 2017). O ciclo do milho depende principalmente do ambiente em que se encontra, mas o fator mais determinante para o crescimento e desenvolvimento da cultura é a temperatura, que deve ficar em torno de 24 a 30 °C (NUNES, 2016). Sendo necessário boas condições hídricas, pois correspondem pelo fator ambiental que mais interfere na produção (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014). Durante o desenvolvimento da cultura do milho uma grande quantidade de água é absorvida pelo sistema radicular, mas 98% do que é absorvido transpira e apenas 0,2% é utilizada durante a fotossíntese (COSTA, 2001), sendo os períodos mais críticos para a cultura durante sua instalação e fase reprodutiva. O ENOS leva muito receio aos agricultores brasileiros, pelas modificações de precipitações e temperaturas, interferindo nas culturas agrícolas desde a produção, qualidade dos produtos e na dificuldade de entrada na lavoura com maquinários (SANTOS, 2004).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar as médias das produtividades nacional e dos 11 principais estados produtores de milho, sendo eles, Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina, Bahia, Maranhão e Piauí e a sua relação com a ocorrência dos fenômenos El Niño, La Niña e anos normais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com os dados da série histórica de produção do milho (1976-2018) no Brasil e a sua relação com a ocorrência dos fenômenos El Niño, La Niña e anos normais. Foi utilizada o total da safra 2016/2017 para a escolha dos 11 principais estados produtores, que correspondem a 95,3% do total da produção neste ano agrícola (CONAB, 2018). Para a definição da ocorrência do fenômeno ENOS foi utilizada a diferença da temperatura da superfície do mar. Portanto para se caracterizar um El Niño a média deve ser superior a 0,5 °C por pelo menos cinco trimestres consecutivos, no entanto se for inferior a - 0,5 °C por pelo menos cinco trimestres consecutivos se caracteriza um La Niña, e os dados entre 0,5 °C e - 0,5 °C nas médias trimestrais correspondem a anos neutros, sendo esses dados são disponibilizados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2018). Para determinar a ocorrência de cada fenômeno durante o período em que a cultura está no campo foi utilizado o ano agrícola que começa no dia primeiro de julho e vai até o dia 30 de junho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, pode-se verificar as médias da produtividade dos 11 estados e do Brasil em relação ao fenômeno ENOS na figura 1. O estado do Maranhão apresenta uma maior média de produtividade durante anos com a presença do fenômeno La Niña e com menor produtividade nos anos considerados Neutros. No estado do Piauí observa maior média de produtividade em anos La Niña e menor em anos neutros.

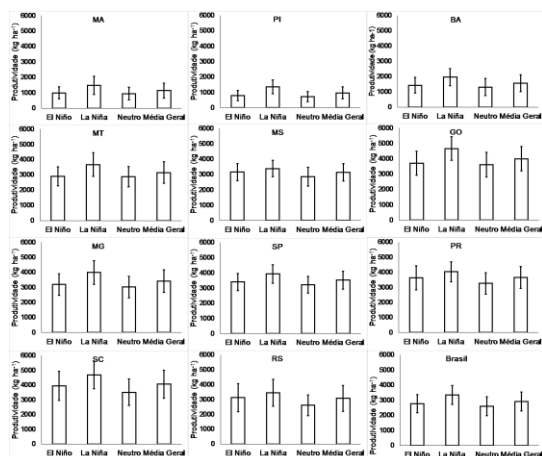


Figura 1 - Médias de produtividade de 11 estados e do Brasil em relação ao fenômeno ENOS.

Na Bahia a maior média de produtividade ocorre em anos de La Niña e a menor em anos neutros, o desvio padrão é mais baixo em anos de El Niño. Para o estado do Mato Grosso, possui maior média de produtividade em La Niña com maior desvio padrão em La Niña e menor em El Niño. No estado do Mato Grosso do Sul se tem a maior média de produtividade em La Niña e a menor em anos Normais, o maior desvio padrão se encontra nos anos Neutros.

Em Goiás, anos de La Niña tem maior média de produtividade e valores próximos anos Neutros, mas apresentam o maior desvio padrão. Para Minas Gerais, a maior média de produtividade ocorre em La Niña e a menor em anos Neutros, sendo que em La Niña apresenta maior desvio padrão e anos de El Niño com o menor. No estado de São Paulo a maior média de produtividade ocorre em La Niña e a menor nos anos Neutros, mas com desvio padrão maior em La Niña.

Para o Paraná, possui a menor média de produtividade em anos Neutros e a maior em La Niña, o maior desvio padrão ocorre em El Niño e o menor em La Niña. Para Santa Catarina, a maior média de produtividade se encontra em anos de La Niña e a menor em anos Neutros, com desvio padrão menor ocorre em anos Neutros e o maior em El Niño. No estado do Rio Grande do Sul, a produtividade é maior em anos de La Niña e menor em anos Neutros, possuindo maior desvio padrão em anos de El Niño e menor em anos Neutros.

Na média geral de produtividade do Brasil em anos de La Niña é maior e menor nos anos Neutros. Em todos os 11 estados e no Brasil o desvio padrão da média geral abrangia todas as médias de El Niño, La Niña e anos Neutros. Do mesmo modo, a maior média de produtividade se dá em anos de La Niña e a menor nos anos Neutros, menos no estado do Maranhão que é maior em El Niño. Os resultados encontrados neste trabalho se contrapõe aos da literatura.

Segundo Berlato, Farenzena e Fontana (2005) durante anos de El Niño ocorre o favorecimento da cultura do milho possibilitando aumentos de produtividade no Rio Grande do Sul. Porém, nesta análise de dados foi verificada a maior produtividade em anos de La Niña, sendo que estes resultados podem estar relacionados ao maior desvio padrão nos anos de El Niño. Zampieri e Verdinelli (2001) relatam aumento de rendimento do milho influenciado pelo aumento da precipitação nos anos de El Niño no estado de Santa Catarina. Portanto contrariando os dados deste estudo, que demonstrou que a maior produtividade ocorre em anos de La Niña.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Verificou-se que em anos de ocorrência de La Niña houve uma maior produtividade e produção de milho em todos os estados e na média geral do país. No entanto, estes resultados não se mostram conclusivos para demonstrar um comportamento que pudesse indicar uma interferência clara do fenômeno ENOS sobre as características analisadas, pois todos os dados se encontram dentro da variação do desvio padrão das médias gerais.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O Milho e o Clima**. Emater, Porto Alegre RS, 2014. Disponível em: <[http://www.emater.tche.br/site/arquivos/milho/O_Milho_e_o_Clima .pdf](http://www.emater.tche.br/site/arquivos/milho/O_Milho_e_o_Clima.pdf)>. Acesso em: 15 abril 2018.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. **Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Pesq. agropec. Bras., 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2005000500001&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 24 abril 2018.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. V.5 – Safra 2017/18, n.5 – Quinto Levantamento, Brasília, p. 1-140, fev. 2018.

COSTA, A. R. da. **As Relações Hídricas das Plantas Vasculares**. Departamento de Biologia, Universidade de Évora, Portugal, 2001. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/ar3/alexcosta0/RelHid/Rhw7.htm>>. Acesso em: 16 abril 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO: Brasil vai ultrapassar os Estados Unidos como o maior produtor de soja até 2026**. Escritório Regional da FAO para a América Latina e o Caribe, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/992188/>>. Acesso em: 06 abril 2018.

NOAA. National Oceanic & Atmospheric Administration. **Cold & Warm Episodes by Season**. National Weather Service, Climate Prediction Center, 2018. Disponível em: <http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 13 junho 2018.

NUNES, J. S. **Características do milho (Zea mays)**. Agrolink, 2016. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html>. Acesso em: 21 abril 2018.

SANTOS, A. R. dos. **O Fenômeno El Niño**. Universidade Federal do Espírito Santos, Departamento de Geografia, 2004. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo11-FenomenoElNino.pdf>>. Acesso em: 23 abril 2018.

ZAMPIERI, S. L.; VERDINELLI, M. A. **Efeitos do Fenômeno El Niño e La Niña Sobre a Produtividade da Cultura do Milho no Estado de Santa Catarina**. UFSC e Epagri/Ciram, Santa Catarina, 2001. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/ producao_tecnico_cientifica/DOC_4300.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_4300.pdf)>. Acesso em: 24 abril 2018.

PRECIPITAÇÃO NO QUADRIMESTRE CHUVOSO NA REGIÃO DO BIOMA CAATINGA E A RELAÇÃO COM A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

Santiago Vianna Cuadra¹; Daniel de Castro Victoria¹; Aryeverton Fortes de Oliveira¹; Michelle Simões Reboita²; Jose Eduardo Boffino de Almeida Monteiro
Autor para correspondência: santiago.cuadra@embrapa.br

¹Embrapa; ²Universidade Federal de Itajubá

RESUMO

Foram objetivos desse estudo analisar o total precipitado no quadrimestre chuvoso e definir, com a técnica de regressão linear, equações preditivas para a precipitação no Bioma Caatinga. Para tanto, as variáveis independentes utilizadas foram a temperatura da superfície do mar (TSM) na região de Niño 3.4 no oceano Pacífico Tropical e na região do dipolo de TSM do Atlântico Tropical. Os resultados mostraram que a precipitação na maior parte da Caatinga é melhor prevista com base na TSM do Atlântico, enquanto que o setor norte do nordeste do Brasil é afetado também pela TSM do Pacífico. Em diversas regiões os volumes precipitados ao longo do quadrimestre chuvoso são inferiores a 400 mm, o que resultaria em perdas para diversas culturas anuais, como o milho e arroz. Alternativas para minimizar perdas agrícolas nessas regiões têm grande potencial para melhorar a sustentabilidade dos negócios rurais de pequenos produtores e sua subsistência, como, por exemplo, a indicação do cultivo de culturas que se viabilizam com volumes inferiores de precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação; bioma Caatinga; risco agrícola

RAINY SEASON PRECIPITATION OVER THE CAATINGA BIOME AND THE RELATIONSHIP WITH THE SEA SURFACE TEMPERATURE

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the total precipitation in the rainy season and to evaluate, with the linear regression technique, predictive equations for precipitation in the Caatinga Biome. For this, the independent variables used were the sea surface temperature (SST) in the Niño 3.4 region, tropical Pacific Ocean, and in the Tropical Atlantic SST dipole region. The results showed that precipitation in most of the Caatinga is best predicted based on the Atlantic SST, while the northern sector of northeastern Brazil is also affected by the Pacific SST. In several regions the total precipitated during the four rainiest months are less than 400 mm, which would result in losses for several annual crops, such as corn and rice. Alternatives to minimize agricultural losses in these regions have great potential to improve the sustainability of smallholder rural businesses and their livelihoods, such as crop cultivation that is feasible with lower levels of precipitation.

KEY-WORDS: rainfall; Caatinga biome; crop risk

INTRODUÇÃO

O Bioma Caatinga é encontrado principalmente no sertão nordestino e no norte do Estado de Minas Gerais. Sua principal característica climática são os totais pluviométricos baixos relativamente aos demais biomas

brasileiros. A região de Caatinga apresenta variações na climatologia de precipitação, em termos de volume e época mais chuvosa, o que afeta a paisagem natural e as atividades agrícolas nela introduzidas. Por exemplo, no norte da Bahia os meses mais chuvosos ocorrem de janeiro e abril, enquanto entre o oeste de Pernambuco e o Ceará esses ocorrem de fevereiro a maio (Reboita et al., 2016). Entretanto, o clima de um determinado local está sujeito à variabilidade inter-anual através de influências de mecanismos de teleconexão. O padrão de teleconexão mais conhecido é o fenômeno El Niño/La Niña. Quando ocorre um episódio de El Niño/La Niña há o aquecimento/resfriamento anômalo das águas do oceano Pacífico Tropical Leste, altera-se a circulação atmosférica e modificam-se os padrões de variáveis climáticas em regiões remotas do globo como, por exemplo, no litoral norte do nordeste do Brasil, com escassez de precipitação (Reboita e Santos, 2014). Assim, o clima em diversas regiões pode apresentar alta variabilidade interanual e, portanto, a compreensão e previsão dessa variabilidade pode auxiliar na tomada de decisão dos produtores rurais, assim como no delineamento das políticas públicas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar o total precipitado no quadrimestre chuvoso e as correlações entre a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do Niño 3.4 (N3.4) e do Dipolo do Atlântico Tropical (DAT) e a precipitação para a região do Bioma Caatinga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados de precipitação diária sobre o Bioma Caatinga providos por Xavier et al. (2015). Esses dados possuem resolução horizontal de 0,25 graus (~25 km) considerando o período de 1980 a 2015. Consideram-se duas etapas de processamento dos dados originais de precipitação: i) identificação do quadrimestre mais chuvoso e o volume de precipitação, na base climatológica e ii) cálculo das séries temporais (entre 1980 e 2015) do total precipitado (VTP) no quadrimestre mais chuvoso. Posteriormente os valores dos VTP foram relacionados com os valores mensais da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Niño 3.4 (N.3.4), através do *Ocean Niño Index* (ONI, *Climate Prediction Center* - <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>) e de uma medida do dipolo da TSM no oceano Atlântico Tropical (DAT), que expressa a diferença entre a *Monthly Tropical South Atlantic Index* (TSA) e a *Monthly Tropical North Atlantic Index* (TNA). Para tanto, utilizou-se a técnica de regressão linear simples e múltipla. Com isso, foram obtidos os modelos apresentados nas equações 1 a 3:

$$VTP_{ONI} = ca * ONI + cb \quad (\text{Equação 1})$$

$$VTP_{DAT} = ca * (TSA - TNA) + cb \quad (\text{Equação 2})$$

$$VTP_{PATSM} = ca_1 * (TSA - TNA) + ca_2 * ONI + cb \quad (\text{Equação 3})$$

A partir das equações 1 a 3 foram obtidas as séries previstas do VTP. Estes foram avaliados através do coeficiente de determinação (R^2), de acordo com Stevenson (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra espacialmente o mês de início do quadrimestre chuvoso na região do Bioma Caatinga. A quadra chuvosa inicia em novembro entre o norte de Minas Gerais (MG) e Bahia (BA), e, janeiro no interior do sertão nordestino, enquanto só em abril no setor leste do nordeste do Brasil. Esses resultados estão de acordo com Reboita et al. (2010) que utilizaram somente dados de estações meteorológicas de superfície para descrever o ciclo anual da chuva no Nordeste do Brasil. Os totais pluviométricos têm uma grande variação na região. Na média variam de valores inferiores à 300 mm a superiores à 1000 mm (Fig. 1c). Em um terço dos anos aproximadamente 80% da região apresenta precipitação média inferior à 400 mm. Em aproximadamente metade do território os valores médios são inferiores à 300 mm (Fig. 1b). Nos anos mais chuvosos aproximadamente 96% do território apresentam volumes superiores à 400 mm.

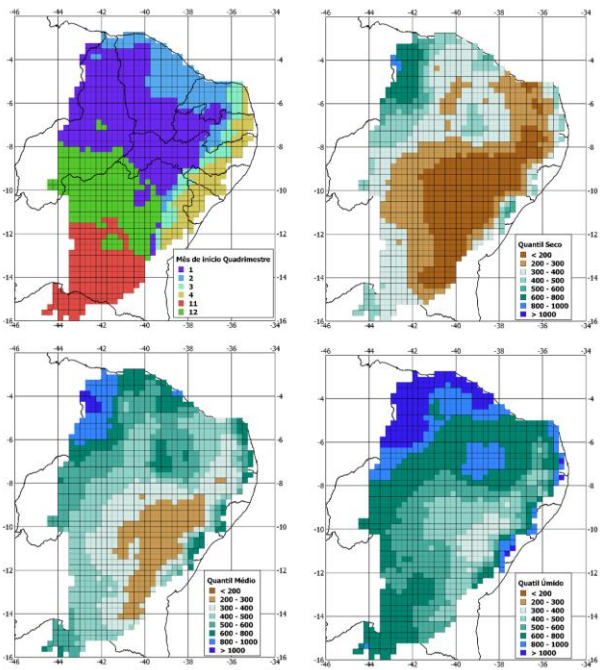


Fig. 1. (a) Mês de início do quadrimestre mais chuvoso e tercís (b) inferior, (c) médio e (d) superior da distribuição de precipitação do quadrimestre mais chuvoso, para os pontos de grade pertencentes ao Bioma Caatinga.

A figura 2 apresenta os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos lineares (equações 1 a 3) entre o volume total precipitado no quadrimestre chuvoso e os índices associados a TSM. Os eventos El Niño e La Niña apresentam um R^2 abaixo de 0.40 para praticamente toda a região da Caatinga. O sinal da TSM do N.3.4 é maior no setor norte do bioma.

Com a aplicação das equações lineares (1 a 3), a Figura 2 apresenta os coeficientes de determinação entre as séries temporais anuais previstas do volume total precipitado (VTP) no quadrimestre chuvoso em função as variáveis independentes ONI, TSA-TNA e ONI e TSA-TNA). A Figura 2a mostra que há em geral uma fraca relação entre a variabilidade inter-anual da chuva na região de estudo com a variabilidade da TSM na região de N.3.4, exceto no litoral Norte do Nordeste, como previamente mencionado por Reboita e Santos (2014). O dipolo do Atlântico Tropical (Figura 2b) afeta mais a precipitação na região em estudo do que a TSM da na região de N.3.4, apresentando sinal intenso nas regiões ao norte de 6° S. Usando a equação 3 (Figura 2c), em que se tem um modelo de regressão linear múltipla (duas variáveis independentes), o coeficiente de determinação é similar ao modelo em que só o dipolo do Atlântico é considerado, porém com aumentos nos valores de R^2 obtidos.

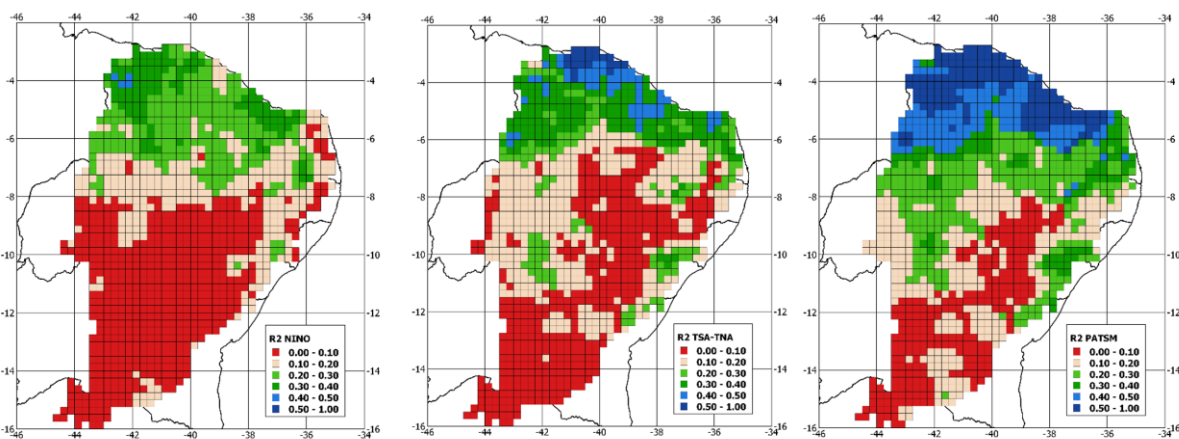


Fig. 2. Coeficiente de determinação dos valores previstos de precipitação anual total no quadrimestre chuvoso com base na TSM na região do: (a) Ninõ 3.4 (ONI), (b) Dipolo do Atlântico Tropical (TSA-TNA) e (c) TSA-TNA e ONI.

A figura 3 mescla duas informações: i) áreas com elevada frequência de ocorrência de volume total precipitado (VTP) no quadrimestre chuvoso superiores ou inferiores a 400 mm e ii) Skill (fração de acertos) da previsão do VTP anual ser superior à 400 mm, utilizando modelo 3. O limiar de 400 mm é uma referência para culturas anuais importantes como, soja e milho. De maneira geral quando o volume precipitado ao longo do ciclo dessas culturas é inferior a esse valor, há perdas significativas de rendimento. As regiões em azul apresentam VTP superior a 400 mm em ao menos 80% dos anos. Já as regiões em cinza apresentam probabilidade do VTP superar 400 mm inferior a 20%. Para as demais regiões, com probabilidade entre 20 e 80%, foi aplicado o modelo 3 para prever os anos em que o VTP supera 400 mm. Os acertos da previsão no ano variam de 50% (fração 0.5), ou seja, o modelo erra em ao menos 50% dos anos, a acertos em mais de 80% dos anos (fração 0.8).

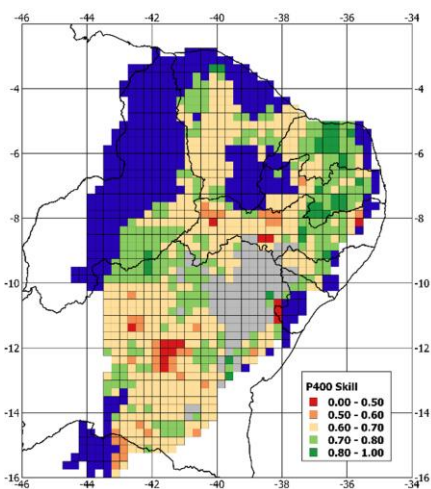


Fig. 3. Áreas onde do volume total precipitado (VTP) no quadrimestre chuvoso excede 400 mm em 80% dos anos (pixel azul), onde o VTP não excede 400 mm em 20% dos anos (pixel cinza) e fração de acertos da previsão dos anos onde VTP excedeu 400 mm.

Diversas regiões apresentam volumes precipitado no quadrimestre chuvoso inferior a 400 mm, o que resultaria em perdas para diversas culturas anuais, como o milho e arroz. Portanto, uma alternativa para minimizar perdas agrícolas é a indicação do cultivo de culturas que se viabilizam com menores volumes pluviométricos. Por exemplo, o feijão caupi é uma cultura de referência para o bioma da Caatinga, exatamente por apresentar características de adaptação ao ambiente quente e pouco chuvoso e produzir satisfatoriamente em condições que culturas como soja, milho ou arroz seriam inviáveis. De acordo com Andrade Junior et al. (2002), as regiões cujas cotas pluviométricas oscilem entre 250 e 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura (Andrade Junior et al, 2002b). Portanto, por apresentar um ciclo médio bastante reduzido, de 70 a 80 dias, seu cultivo torna-se viável com volumes menores da chuva contida no quadrimestre como um todo. Por outro lado, outras culturas anuais como milho ou arroz, de ciclo mais longo (100 a 120 dias), necessitam de maior oferta hídrica, o que recorrentemente não é viável em diversas regiões do bioma Caatinga.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Diversas regiões da Caatinga apresentam volume precipitado no quadrimestre chuvoso inferior à 400 mm. Valores abaixo desse limiar em geral resultam na ocorrência de deficiência hídrica significativa, tornando a produção vulnerável nessas situações. Algumas regiões da Caatinga apresentam volumes acima desse limiar em 80% dos anos, sendo potencialmente viável o cultivo de diversas culturas anuais de grãos, como o milho, a soja e o arroz. Por outro lado, em regiões nas quais mais de 80% dos anos apresentam o total precipitado no quadrimestre chuvoso inferior à 400 mm, devem ser priorizadas a produção de outras culturas com menores exigências hídricas, como o feijão caupi. Nas demais regiões as frequências de ocorrência de

volume precipitado inferiores à 400 mm estão entre 20 e 80%. Para essas regiões a aplicação de previsões sazonais poderiam reduzir os riscos de perdas, indicando o cultivo de diferentes culturas em função do provável volume. Entretanto, a relação entre a TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico é variável e é provável que as as previsões sazonais apresentem acurácia diferenciada na região. Portanto, sugere-se um estudo detalhado para avaliação das previsões e sua aplicação no suporte aos produtores rurais e ao Governo Federal.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Embrapa pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SANTOS, A.A.; SOBRINHO, C.A. et al. Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), Sistemas de Produção: 2. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002b. 108 p.

Reboita, M. S., M. A. Gan, R. P. da Rocha, T. Ambrizzi. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 185-204, 2010.

REBOITA. M.S., SANTOS, IA. (2014) Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.15, p. 28-48, 2014.

RISCOS CLIMÁTICOS PARA A OLIVEIRA NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Cristina Pandolfo¹; Wilian da Silva Ricce¹; Eduardo Cesar Brugnara²; Luiz Fernando de Novaes Vianna¹; Angelo Mendes Massignam¹

Autor para correspondência: cristina@epagri.sc.gov.br

¹Epagri/CIRAM, Florianópolis, Santa Catarina; ²Epagri/CEPAF, Chapecó, Santa Catarina

RESUMO

A análise de riscos climáticos é uma ferramenta importante para a identificação de áreas potenciais de cultivo. Em Santa Catarina, a procura por informações associadas ao cultivo da oliveira está crescendo e ainda pouco se sabe sobre a adaptação dessa espécie ao clima local. O objetivo do trabalho foi quantificar o risco climático para a oliveira com base nas variáveis: número de Horas de Frio $\leq 12,5$ °C, frequência de ocorrência de temperaturas máximas acima de 35 °C, frequência e intensidade de geada e balanço hídrico. A ocorrência de geada limita o cultivo da oliveira em regiões com altitudes superiores a 800m. O Estado de Santa Catarina tem regiões com possibilidade de cultivo da oliveira, porém existem restrições climáticas que devem ser observadas. Devem ser evitadas as áreas com ocorrência de geadas. O total de precipitação é um fator restritivo. Os pomares devem, preferencialmente, ocupar áreas onde o relevo apresenta exposição Norte. Recomenda-se o cultivo em áreas protegidas de vento.

PALAVRAS-CHAVE: Olea europaea; Horas de Frio; Geada

CLIMATE RISK OF OLIVE IN SANTA CATARINA STATE

ABSTRACT

Climate risk analysis is an important tool for identifying potential areas of cultivation. In Santa Catarina, the demand for information about the cultivation of the olive tree is increasing and little knowledge is available about the adaptation of this species to the local climate. The objective of this study was to quantify the climate risk of the olive tree based on the following variables: number of cold hours ≤ 12.5 °C, frequency of maximum temperatures above 35 °C, frequency and intensity of frost and water balance. The occurrence of frost limits the olive cultivation in regions with altitudes above 800m. The State of Santa Catarina has regions with the possibility of growing the olive tree, but there are climatic constraints that must be observed. Areas with frost occurrence should be avoided. The total precipitation is a restrictive factor. Olive orchards should preferably occupy areas where the relief exhibits North orientation. It is recommended to cultivate in protected areas of wind.

KEY-WORDS: Olea europaea; Chilling hours; Frost

INTRODUÇÃO

A cultura da oliveira necessita de condições climáticas próprias para indução floral, diferenciação, polinização, frutificação e maturação de frutos demandando condições específicas do clima para adequação as necessidades ecofisiológicas.

Avaliações parciais das primeiras pesquisas fitotécnicas conduzidas com algumas variedades de oliveira (Arbequina, Arbosana e Koroneiki), em Caçador, Campo Erê, Chapecó e São Lourenço do Oeste,

confirmam o potencial produtivo das plantas e a alta qualidade do azeite, permitindo a inclusão da espécie como uma alternativa de diversificação produtiva para a fruticultura nacional e regional (Da Croce et al., 2016). Entretanto, é notória a falta de um trabalho técnico mais detalhado considerando os riscos climáticos para identificar as áreas potenciais de cultivo da espécie no Estado de Santa Catarina. O cultivo comercial da oliveira concentra-se nos municípios de Campos Novos e Rancho Queimado, totalizando uma produção de 14 t na safra 2018/2019. No entanto, Gallotti e Da Croce (2012) observaram danos severos de baixas temperaturas em oliveiras jovens cultivadas a 798 m de altitude, em Papanduva, SC, e ressaltaram que as plantas não entraram em repouso vegetativo, ficando mais sensíveis ao frio.

No clima mediterrâneo, durante o inverno, ocorre acúmulo de frio, considerado indispensável para que a oliveira saia do repouso e atinja, posteriormente, florescimento uniforme. O limiar de temperatura, isto é, a temperatura base, abaixo da qual não ocorre crescimento, é de 12,5°C (Coutinho, et al. 2007). A necessidade de horas de frio abaixo de 12,5°C difere entre as variedades. Apesar de já ter sido demonstrado que temperaturas vernalizantes não são necessárias para o florescimento da variedade Arbequina, se a necessidade de frio não for atingida, o florescimento até ocorre, mas em menor intensidade (Malik e Bradford, 2005).

De acordo com Coutinho et al. (2007) experiências de plantio nos países do mediterrâneo, a temperatura adequada para que ocorra a frutificação efetiva normal, não deve superar os 35°C ou ser inferior aos 25°C. As plantas, contudo, são capazes de suportar altas temperaturas no verão, próximas a 40°C, sem que os ramos e folhas sofram queimaduras. Porém, a atividade fotossintética começa a ser inibida quando a temperatura ultrapassa os 35°C.

A alta pluviosidade durante a floração pode causar redução da polinização, pois o sob alta umidade (acima de 80 %) o transporte do pólen pelo vento é mais difícil, pois o grão ganha massa e pode até mesmo ser destruído (Tapia et al., 2003). Além disso, chuvas excessivas durante a primavera, verão e outono aumentam a incidência de doenças fúngicas da parte aérea da planta (Casas et al., 2012). Em regiões semiáridas do mediterrâneo o índice pluviométrico fica em torno de 250 – 550mm por ano (Coutinho et al., 2007; Wrege et al., 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi quantificar o risco climático para a cultura da oliveira no estado de Santa Catarina, considerando as variáveis número de Horas de Frio $\leq 12,5$ °C, frequência de ocorrência de temperaturas máximas acima de 35 °C, frequência e intensidade de geada e balanço hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada revisão bibliográfica para levantar a fenologia e as exigências agroclimáticas da oliveira. A fenologia média foi definida a partir de anotações provenientes dos trabalhos de observação do comportamento agrônomo de cultivares de oliveira em SC (Arbequina, Arbonsana e Koroneiki, dados não publicados). Os dados meteorológicos diários foram obtidos das estações meteorológicas disponíveis no banco de dados da EPAGRI/Ciram com períodos não homogêneos. O número de horas de frio $\leq 12,5$ °C foi calculado (HF) a partir dos dados diários das estações. Para a espacialização dos resultados, foi gerada uma equação de regressão em função das coordenadas geográficas e da altitude. Temperatura mínima do ar (T_{min} °C) foi a variável climática utilizada para calcular a frequência de ocorrência e a intensidade das geadas, ($t_{min} \geq 0$ °C). A frequência de ocorrência de geada para cada estação meteorológica foi calculada na condição sem geada ($t_{min} \geq 0$ °C no abrigo). Foi utilizada a temperatura máxima do para calcular a frequência de ocorrência de temperaturas acima de 35°C nos meses de setembro a novembro. O balanço hídrico climatológico foi rodado e análise de risco da deficiência foi interpolada e espacializada no ArcGis 10.1 bem como as outras variáveis trabalhadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de horas de frio $\leq 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ acumulado no período de abril a julho em Santa Catarina varia entre 178 a 2164 horas. O mapa de horas de frio (Figura 1) mostra que existe a possibilidade de cultivo da oliveira em diferentes regiões com exceção de parte do Planalto Norte e Oeste, Planalto Sul.

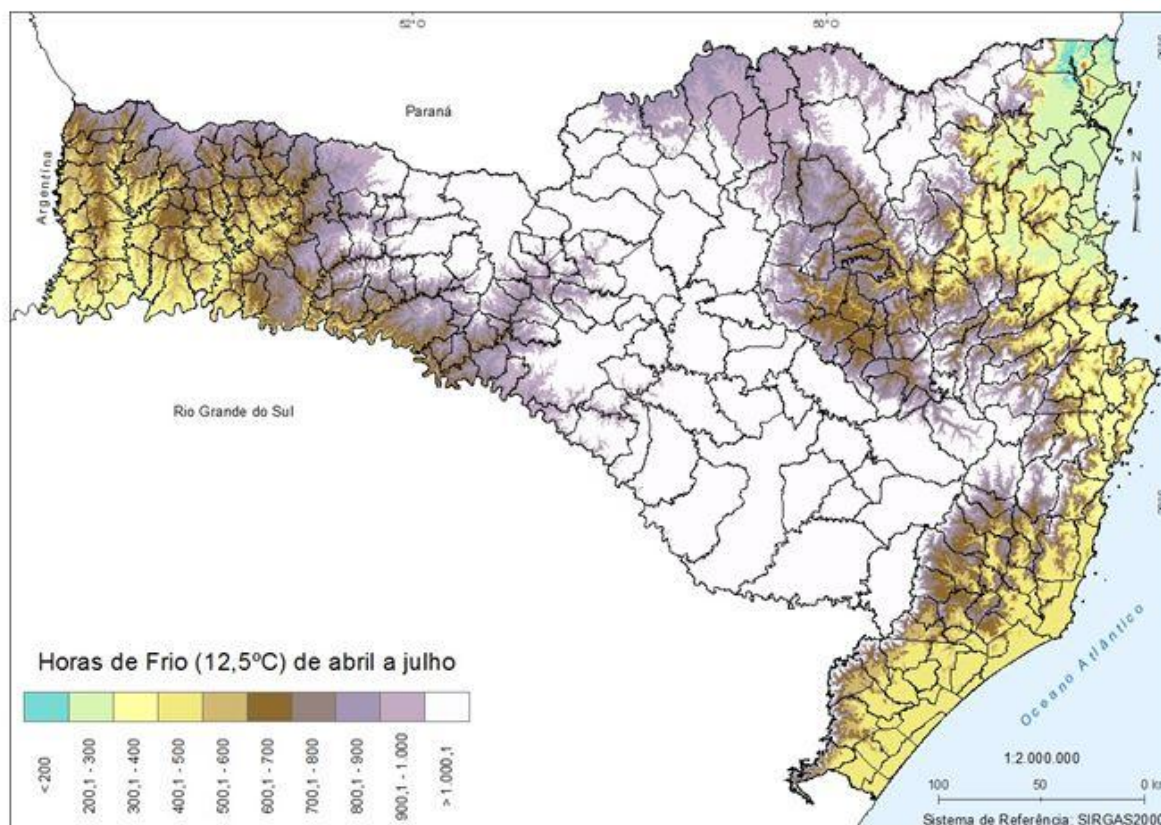


Figura 1. Horas de frio ($\leq 12,5^{\circ}\text{C}$) médias acumuladas de abril a julho em Santa Catarina.

Os mapas de temperatura mínima para estimar a geada foram gerados decênialmente, de forma a indicar os decêndios onde há possibilidade de cultivo (Figura 2).

Analisando-se o risco de geada durante o ciclo da oliveira (Figura 2) observa-se que as restrições iniciam no decêndio 15 (21 a 30/05) e se estendem até o decêndio 25 (01 a 10/09). Cultivares com maior exigência em frio, respeitando o valor médio de acúmulo para cada região, teriam seu florescimento em época com menor risco de geadas, possibilitando maior chance de sucesso à cultura. As informações de ocorrência de geadas são baseadas em probabilísticas, portanto espera-se que a variabilidade interanual ocorra e que, em alguns anos, esses padrões de ocorrência de temperatura mínima associadas a decêndios e as fases fenológicas seja variável.

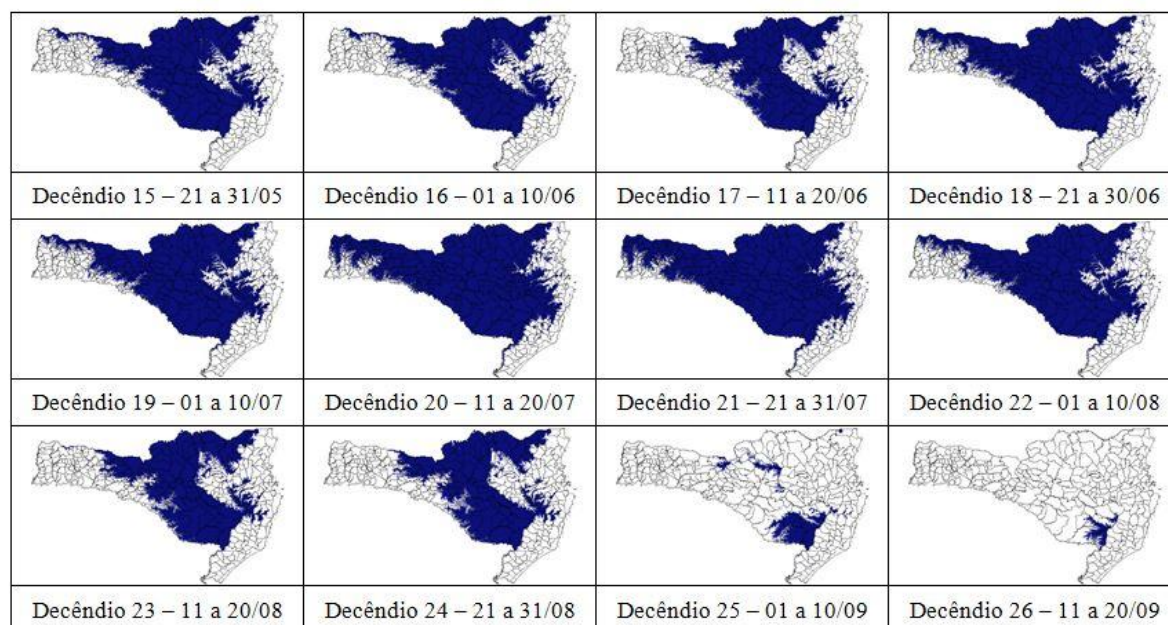


Figura 2: Probabilidade de ocorrência de temperatura média das mínimas decendial igual ou inferior a 0°C, risco acima de 20% (área azul), para o estado de Santa Catarina.

Em relação ao risco de temperaturas máximas, alguns eventos são observados com baixa probabilidade restritos a uma região específica no Extremo Oeste Catarinense, e concentrados nos três primeiros decêndios do ano. Não foram observados eventos de temperaturas decendiais acima de 35°C no Estado de Santa Catarina durante o período de cultivo da oliveira. Portanto a temperatura elevada não é um fator limitante para o cultivo da oliveira no Estado.

O índice pluviométrico estadual fica entre 1500 a 2400mm (Pandolfo et al. 2002) bem distribuídos durante o ano. Esses valores estão acima da demanda necessária citados em bibliografia para a oliveira. Exceto em alguns anos em que ocorrem estiagens, há um excedente hídrico para as culturas perenes em Santa Catarina. Como alternativa há a possibilidade da escolha de microclimas com menor umidade relativa, escolhendo o posicionamento no terreno e fazendo o cultivo com exposição norte.

De acordo com Wrege et al. (2015), o Estado de Santa Catarina é uma região favorável para cultivo da oliveira quando considerada a temperatura máxima e mínima do ar, mas marginal quanto à precipitação pluvial, que é excessiva. Porém, o Zoneamento Agroclimático da Olivicultura para o Rio Grande do Sul aponta que em áreas adjacentes a Santa Catarina (do Planalto Sul ao Extremo-oeste catarinenses, na margem sul do Rio Uruguai) é tolerável o cultivo da oliveira, com riscos climáticos entre 10 e 20% (Alba et al., 2014).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O Estado de Santa Catarina tem regiões com possibilidade de cultivo da oliveira, devendo ser evitadas as áreas com ocorrência de geadas. Nas áreas sem restrição pela geada, devem ser identificados microclimas com menor incidência de nevoeiros, ocorrência de horas de frio compatível com o cultivar e o cultivo deve ser feito com exposição Norte e em áreas protegidas de ventos. O excedente de precipitação torna o Estado de Santa Catarina não preferencial ao cultivo.

Deve-se considerar que, apesar da análise de risco climático ser importante no planejamento agrícola em macroescala, tal recurso não considera as variações provocadas pelo relevo. As condições topoclimáticas diferentes em escala local podem alterar a quantificação do risco climático.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALBA, J.M.F.; FLORES, C.A.; WREGGE, M.S. **Zoneamento Agroclimático da Olivicultura para o Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2014. 68p.

COUTINHO, E. F. **A cultura da oliveira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 143 p.

DA CROCE, D. M.; BRUGNARA, E. C.; OLIVEIRA, V. P.; DIAS, C. R. Avaliação da produção e do rendimento de azeite das oliveiras ‘Arbequina’, ‘Arbosana’ e ‘Koroneiki’ em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 54-57, 2016.

GALLOTTI, G. J. M.; CROCE, D. M. Observação do comportamento agrônômico de cultivares de oliveira no Planalto Norte Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 49-52, 2012.

MALIK, S.A.N.; BRADFORD, J.M. Is Chilling a Prerequisite for Flowering and Fruiting in ‘Arbequina’ Olives. **International Journal of Fruit Science**, v.5, n.3, p.29-39, 2005.

TAPIA, F.; IBACACHE, A.; ASTORGA, M. Requerimientos de clima y suelo. In: TAPIA, F.; ASTORGA, A.; IBACACHE, A. MARTÍNEZ, L.; SIERRA, C.; QUIROZ, C.; LARRAÍN, P.; RIVEROS, F. Manual del cultivo del olivo. **La Serena, Chi**: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2003. p.11-20.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAM, A. M.; PINTO, E. S. P.; THOME, V. M. R.; VIEIRA, V. F. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2002. ISBN 8585014431.

WREGGE, M.S.; COUTINHO, E.F; PANTANO, A.P.; JORGE, R.O. Potencial distribution of olive in brazil and worldwide. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.3, p.656-666, 2015.

O EFEITO DE DIFERENTES DOSE DE FÓSFORO NAS BRAQUIÁRIAS, CULTIVARES MARANDU E MG5 VITÓRIA, EM SOLO AMAZÔNICO

Luciano Augusto Souza Rohleder¹; Carlos Alexandre Santos Querino¹; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino¹; Celina Costa Martins¹; Jaiara Almeida de Oliveira¹
Autor para correspondência: luciano.rohleder@gmail.com

¹Instituto de Educação Agricultura e Ambiente/UFAM

RESUMO

No Brasil existem cerca de 200 milhões de hectare de pastagens, dos quais aproximadamente 80% encontra-se em degradação, e são ocupadas em torno de 85 % pela espécie *Braquiária*. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de fósforo nos cultivares de Braquiária Brizantha Marandu e MG5 vitória. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Mangabeira pertencente ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente IEAA/UFAM. Foi feita a aplicação 2,5 t ha⁻¹ de calcário com 90 dias de antecedência do plantio. A área foi dividida em 2 estandes com quatro parcelas de 4x2 m, para cada cultivar. Em cada stand foi utilizado o adubo superfosfato simples. A primeira parcela foi a testemunha e não recebeu adubação e as demais receberam o equivalente a 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅). O plantio foi realizado em sulcos com espaçamento de 25 cm entre eles, totalizando 13 sulcos por parcela. A adubação foi realizada 30 dias após a germinação, e as medidas foram realizadas na mesma planta escolhida ao acaso com intervalos de 3 dias 50 kg ha⁻¹ 150 kg ha⁻¹ de fósforo, enquanto o MG5 vitória, respondeu igualmente as doses de 50 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹. Portanto, considerando-se a relação custo/benefício, recomenda-se o uso de 50 kg para as 2 variedades.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia; Forragens; Pastagens

THE EFFECT OF DIFFERENT PHOSPHORUS DOSE IN BRACHIARIA, CULTIVARS MARANDU AND MG5 VICTORY, IN AMAZONIAN SOIL

ABSTRACT

Brazil has 200 millions of hectares of pasture, from which around 80% are in degradation process and, 85% are occupied by the Brachiaria genus. The main aim of this article was to evaluate the effect of different doses of Phosphorus applications in the Brachiaria Briazantha Marandu and Victory MG5 cultivars. The experiment was carried out in the Mangabeira Experimental Farm which belongs to the *Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente IEAA/UFAM*. It was applied 2.5 t ha⁻¹ of limestone 90 days before the planting. The experimental area was divided into 2 stands with four 4 x 2m parcels, to each cultivar. In each stand it was applied the simple superphosphate fertilizer. The first parcel was the testimony and did not receive fertilization while the other parcels have received the equivalent of 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ of Phosphorus (P₂O₅). The plantation was carried out in sulcus 25 cm separating each other, totalizing 13 sulcus per parcel. The fertilization was carried out 30 days after the twinning, and the height measures were carried out each 3 days at the same plant. The Marandu cultivar had better response to the 50 and 150 kg ha⁻¹ of Phosphorus whereas the MG5 Victory has shown similar response to the 50 and 100 kg ha⁻¹. Thus, considering the benefits and costs, it is strongly recommended to use the 50 kg ha⁻¹ for both varieties.

KEY-WORDS: Amazonia; Fodder; Pastures

INTRODUÇÃO

No Brasil existem aproximadamente 200 milhões de hectares de pastagens nativas ou implantadas (EMBRAPA, 2018). Em geral a implantação ocorre em solos de baixa fertilidade e com aproximadamente 80% da área que se encontra em algum estágio de degradação. De acordo com Werner (1994). A recuperação das pastagens é fundamental para o avanço da pecuária, tendo em vista que o Brasil é um dos maiores produtores de leite e carne a pasto (GIOVANA, 2006). De maneira geral, os solos brasileiros destinados às pastagens apresentam baixíssima disponibilidade de fósforo, associada à alta capacidade de adsorção desse nutriente. O fósforo é um dos elementos que o solo armazena temporariamente e transforma em compostos assimiláveis pelas plantas, por isso talvez seja o elemento que mais frequentemente limita a produção vegetal, como por exemplo a produção de *Braquiárias* (DEMINICIS et al., 2010).

O gênero *Braquiária* ocupa cerca de 85% das áreas de pasto do Brasil. Entre as espécies de *Braquiária*, a *B. Brizantha* é uma das mais difundidas no país (ZIMMER et al., 1995; FONSECA et al., 2006; AMBIEL et al., 2008). A ampla utilização da espécie *Braquiária Brizantha* cv. Marandu deve-se ao fato da elevada produção de forragem, boa capacidade de rebrota, tolerância à seca e persistência (MEIRELLES & MOCHIUTTI, 1999). Essa forrageira se desenvolve bem em climas tropicais, caracterizado como tendo duas estações climáticas bem definidas, além de se adaptar bem a solos com níveis críticos de fosforo (ALVES & FILHO, 1996).

O fósforo (P), quando ausente, é o nutriente que mais limita a produção de forragem (OLIVEIRA et al., 2007; FOLONI et al., 2008). Este elemento tem funções importantes na fase inicial de desenvolvimento das plantas forrageiras, sendo essencial na divisão celular, pelo seu papel na estrutura dos ácidos nucléicos (CANTARUTTI et al., 2002). O P tem funções importantes na fase inicial de desenvolvimento das plantas forrageiras. No estágio inicial, há intensa atividade meristemática, em virtude do desenvolvimento do sistema radicular, do perfilhamento, da emissão de estolões, além de ser essencial para a divisão celular, pelo seu papel na estrutura dos ácidos nucléicos (CANTARUTTI et al., 2002).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar o desenvolvimento da espécie *Braquiária Brizantha* cv. Marandu e Mg5 Vitoria sob diferentes tratamentos de fósforo (P).

MATERIAIS E MÉTODOS

AREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Mangabeira (7°31'47,73" S, é longitude 63°3'12,943" W e altitude 90 m) pertencente ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente IEAA/UFAM, localizada na BR 230 Km 04, município de Humaitá, Sul do estado do Amazonas. O clima da região é tropical chuvoso, com precipitação média anual de 2193,6 mm (INMET, 2009). O período chuvoso ocorre entre outubro e março e o período seco ocorre entre junho a agosto, considerando o restante dos meses o período de transição (VIDOTTO et al., 2007).

DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico, o qual foi corrigido com aplicação de 2,5 t ha⁻¹ de calcário do com 90 dias de antecedência da implantação do experimento. Posteriormente, a área foi dividida em 2 stands, com quatro parcelas de 4x2 m, para cada cultivar, sendo a primeira parcela testemunha com 0 de adubação, a segunda com 50 kg de fósforo (P₂O₅), a terceira com 100 kg de fósforo (P₂O₅), e a quarta com 150 kg de fósforo (P₂O₅) ha⁻¹. O plantio foi realizado em sulcos com espaçamento de 25 cm entre eles, totalizando 13 sulcos por parcela. A adubação foi realizada 30 dias após a germinação, e as medidas foram realizadas na mesma planta escolhida ao acaso com intervalos de 3 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que conforme o desenvolvimento das plantas, na cultivar Marandu a resposta da testemunha foi a que apresentou o menor desenvolvimento e as doses de 50 kg ha⁻¹, e 150 kg ha⁻¹ apresentaram um crescimento mais uniforme em todas as medições. E a dose de 100 kg ha⁻¹ sempre esteve abaixo nas medidas, porém com o desenvolvimento das forragens e a disponibilidade do fósforo aplicado, a dose de 150 kg ha⁻¹ apresentou um crescimento superior às demais (Tabela 1).

O cultivar MG 05 Vitória a testemunha também apresentou o menor crescimento, e as doses de 50 kg ha⁻¹ 100 kg ha⁻¹ foram as que a planta respondeu com melhor desenvolvimento, enquanto que a dose de 150 kg ha⁻¹, obteve o menor crescimento entre os tratamentos que receberam fósforo (P) (Tabela 1).

Tabela 1 – Crescimento em centímetros dos cultivares Marandu e MG 05 Vitória para as diferentes doses de adubação fosfatada.

Espécie	Data	Altura em (cm) Adubação 0	Altura em (cm) Adubação 50	Altura em (cm) Adubação 100	Altura em (cm) Adubação 150
Marandu	23/03/2019	10,56	17,83	18,32	18,93
	28/03/2019	10,56	22,76	21,40	24,3
	30/03/2019	11,19	26,04	23,93	26,13
	04/04/2019	13,42	36,63	32,80	36,53
	09/04/2019	15,33	46,53	42,56	53,60
	18/04/2019	19,20	73,17	56,52	74,54
MG 05 Vitória	23/03/2019	9,01	32,00	27,63	26,86
	28/03/2019	12,90	47,65	43,78	33,93
	30/03/2019	16,10	52,73	48,26	39,63
	04/04/2019	23,30	67,42	66,20	67,66
	09/04/2019	31,83	84,13	84,40	74,40
	18/04/2019	39,55	102,65	104,32	84,56

Os resultados obtidos nos mostra que a adubação a base de fósforo, proporciona um aumento no desenvolvimento das forragens, independente da cultivar. Porém neste experimento notou-se que o cultivar MG5 Vitoria respondeu melhor ao tratamento com 100 kg ha⁻¹ por hectares, diferente do cultivar Marandu que apresentou uma resposta melhor ao tratamento com 150 kg ha⁻¹, estes resultados diferem dos encontrados por Pereira (1987). Assim, evidencia-se que com o melhoramento genético e o desenvolvimento de novas cultivares, as mesmas se adaptam melhor as condições adversas de fertilidade do solo. Como consequência, necessitam de doses menores de adubação fosfatada, conforme foi observado no cultivar MG5 Vitória que respondeu melhor ao tratamento com 100 kg ha⁻¹, enquanto o cultivar Marandu apresentou resposta melhor a tratamento com 150 kg ha⁻¹. No entanto, essa melhor resposta não difere muito do crescimento apresentado com as doses de 50 kg ha⁻¹.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A resposta da braquiária as fontes de fosforo foi satisfatório no seu desenvolvimento independente do cultivar. O cultivar Marandu apresentou uma resposta muito semelhante entre as doses de 50 kg ha⁻¹ e 150

kg ha⁻¹, enquanto o MG5 vitória respondeu melhor as doses de 50 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹. Assim, sugere-se o uso de 50 kg para as 2 variedades, pensando em custo inicial ao produtor. No entanto, em relação ao custo benefício quanto a produção de matéria verde a reposta foi melhor nas doses de 100 para a cultivar MG5 Vitória e 150 kg ha⁻¹ para o cultivar Marandu.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Artigo em revista acadêmica

ALVES, S.J.; FILHO, C.V.S. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: Forragicultura do Paraná. Londrina: Iapar, 1996. p.181-195.

CANTARUTTI, R. B.; SANTOS, H. Q. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ALVAREZ V., V. H. Níveis críticos de fósforo no solo e planta para gramíneas forrageiras tropicais em diferentes idades. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 20, p.173-182, 2002.

CARVALHO, M. M. et al. Efeito da calagem e fertilização com fósforo sobre o crescimento do capim-gordura em um solo da zona Campos das Vertentes, MG. Rev. Soc. Bras. Zootec., Viçosa, v.22, n.4, p.614-623, 1993.

COSTA, G.G. et al. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo de capim-jaraguá e capim colômbio. Rev. Soc. Bras. Zootec., Viçosa, v. 12, n.1, p.110. 1983.

DEMINICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; SILVA, R.F.; ABREU, J.B.R.; ARAÚJO, S.A.C.; JARDIM, J.G. Adubação nitrogenada, potássica e fosfatada na produção e germinação de sementes de capim quicuío-da-amazônia. Revista Brasileira de Sementes, v. 32, n.2 p. 59-065, 2010.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D.J.G. Adubação em gramíneas do gênero *Brachiaria*: mitos e realidades In: Simpósio sobre manejo estratégico das pastagens, 3, 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.153-182.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. Aust. J. Soil Res., 35:227-239, 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazonas. 2017. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p. 2009.

MACIEL G, A, efeito de diferentes fontes de fósforo na brachiaria brizantha cv. marandu cultivada em dois tipos de solos. UFLA, Lavras, MG. 2006 (doutorado)

MEIRELLES, P. R. de L.; MOCHIUTTI, S. Formação de pastagens com capim marandú (*Brachiaria brizantha* cv Marandú) nos cerrados do Amapá. Macapá: Embrapa Amapá, 1999. 3 p. (Embrapa Amapá. Recomendações técnicas, 7).

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; CORSI, M. Resposta de pastagens de *Braquiária brizantha* cv. Marandu em solo de cerrado à adubação com nitrogênio, em condições de sequeiro ou sob irrigação. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 14p. (Comunicado Técnico, 54).

OLIVEIRA, P.P.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.6, p.1715-1728, 2007.

PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 1986, Nova Odessa. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.117-196.

VIDOTTO, E.; PESSEDA, L. C. R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H. A.; BENDASSOLLI, J. A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. ACTA Amazônica, v. 37, p. 385–400, 2007.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M.C.M. Manejo de Plantas Forrageiras do Gênero *Brachiaria*. In: **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba: Fealq, 1995.

Homepage institucional

<<https://www.EMBRAPA.BR/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens>> acesso em:24/05/2019.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO E HÍDRICO

Lucas Alexandre dos Santos Rocha¹; Olavo José Marques Ferreira²; João Pedro Ferreira Santos¹; Itamara Bonfim Góis³; Renata da Silva-Mann⁴
Autor para correspondência: lucas1404_2411@outlook.com

¹Discente de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe;; ²Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe;; ³Pós-doutoranda PDJ/CNPq, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe;; ⁴Docente do Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe;

RESUMO

A salinidade é um dos principais problemas para as culturas no mundo, e em regiões no Nordeste Brasileiro. O estresse salino acompanhado de estresse hídrico pode causar diversos distúrbios fisiológicos nas plantas, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, avaliado durante a germinação de sementes. Diante dessa problemática, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino e hídrico na germinação e desenvolvimento de plântulas de variedade crioula de milho, conhecido como "Paulistão". Foram utilizadas soluções de cloreto de potássio para obtenção de 4 potenciais osmóticos: 0,0 (controle); -0,3; -0,6 e -0,9 MPa. Para avaliação dos efeitos foi avaliado primeira contagem e contagem final de germinação, comprimento de raiz primária, comprimento de parte aérea e biomassa seca das plântulas. Para os potenciais houve restrição -0,6 e -0,9 no desenvolvimento da parte aérea e radicular das plântulas, reduzindo a biomassa seca das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Zea mays L.; Variedade; Estresse

GERMINATION OF CREOLE MAIZE SEEDS SUBMITTED TO SALINE AND HYDRO STRESS

ABSTRACT

Salinity is one of the main problems for crops in the world, and in regions in the Northeast of Brazil. Saline stress accompanied by water stress can cause several physiological disturbances in plants, especially in the early stages of development, evaluated during seed germination. In view of this problem, the objective of this work was to evaluate the effects of saline and water stress on the germination and development of seedlings of the Creole maize variety, known as "Paulistão". Potassium chloride solutions were used to obtain 4 osmotic potentials: 0,0 (control); -0.3; -0.6 and -0.9 MPa. To evaluate the effects, the first count and final germination count, primary root length, shoot length and dry biomass of the seedlings were evaluated. For the potentials there was restriction at -0.6 and -0.9 on the aerial and root development of the seedlings, reducing the dry biomass of the seedlings.

KEY-WORDS: Zea mays; Creoule; Salinity

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos fatores abióticos aos quais os vegetais estão expostos, o estresse salino se destaca afetando negativamente o crescimento e produtividade das culturas em todo o mundo (VAIDYANATHAN

et al., 2003). Esse fator é especialmente mais expressivo em regiões áridas e semiáridas, que tem apresentado um grande contraste ambiental (PARIDA; DAS, 2004). Nestas regiões a baixa precipitação pluviométrica, a irrigação conduzida de maneira incorreta, a drenagem inadequada, a alta evaporação, além do material de origem dos solos tem se mostrado como as principais causas de salinização de áreas agricultáveis (DANTAS et al., 2006).

O estresse salino ocasiona uma redução no potencial osmótico da solução do solo, resultando em um estresse hídrico além de provocar efeitos tóxicos nas plantas, que resulta em desordens nutricionais e injúrias no metabolismo, comprometendo assim o crescimento da planta (ALVES, 2009). Em campo, a salinização interfere negativamente no processo de germinação, no estande final de plantas, no desenvolvimento das culturas, na produtividade e, em casos graves, causa a morte das plântulas (SILVA; PRUSKI, 1997).

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de ciclo anual, que possui uma alta taxa fotossintética e baixo consumo de água para formação de matéria fresca (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000). No Brasil, é uma das principais culturas, sendo cultivada em todas as regiões (OLIVEIRA et al., 2016). Segundo dados da CONAB (2018), a safra 2017/2018 registrou uma produção de 63.261,6 mil toneladas em 11.433,0 mil hectares. O estado de Sergipe tem apresentado o maior crescimento produtivo do cereal.

Pequenos produtores por possuírem baixo nível tecnológico optam pelo uso de sementes de variedades crioulas já que diversos trabalhos constataam a capacidade de adaptação e produção destas variedades em ambientes poucos favoráveis (BISOGNIN et al., 1997), possibilitando a utilização de água e solo de menor qualidade para o cultivo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi verificar a capacidade de germinação e parâmetros fisiológicos das plântulas da variedade crioula “Paulistão” em diferentes níveis de estresse salino.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Sergipe. Foi utilizado para o teste de sementes de uma variedade crioula de milho conhecida como “Paulistão”. Para formulação da solução salina foi utilizado cloreto de potássio (KCl), para os diferentes níveis de potencial osmótico e suas respectivas concentrações de KCl (g L^{-1}) foram: testemunha (0,0); -0,3 (4,20); - 0,6 (8,40); -0,9 (12,21).

Na avaliação da germinação o teste de germinação foi conduzido com oito subamostras de 25 sementes para cada tratamento, sendo elas semeadas em papel *germitest* umedecido com as soluções anteriormente descritas. Foi utilizando 2,5 vezes a massa do papel seco como quantidade de solução, seguida pela formação de rolos, que foram mantidos em incubadora tipo B.O.D. a $25\pm 2^\circ\text{C}$. A avaliação de plântulas normais foi realizada ao sétimo dia, após a instalação do teste, conforme a Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). A primeira contagem foi realizada ao quarto dia após instalação, utilizando a mesma metodologia anteriormente descrita para testes de germinação (BRASIL, 2009).

Para avaliação do comprimento de plântulas foram utilizadas 4 repetições escolhidas aleatoriamente de cada tratamento, obtidas a partir do teste de germinação logo após a contagem de plântulas normais. A medição do comprimento de parte aérea e raiz primária foram avaliadas com auxílio de régua milimétrica, sendo efetuada as medições em centímetros (NAKAGAWA, 2009).

Após a obtenção dos comprimentos, as plântulas normais foram levadas a estufa termoeétrica de ventilação forçada de ar, com temperatura regulada para $80\pm 2^\circ\text{C}$ durante um período de 24 horas. Em seguida, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001g, obtendo-se então a massa seca. O peso das amostras foi dividido pelo número de plântulas normais utilizadas no teste.

A análise estatística foi feita com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008), e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com um delineamento inteiramente casualizado. Os

dados foram testados para avaliar a distribuição normal, e em seguida transformados por $(x/0,5)$. As variáveis analisadas foram primeira contagem (PC), porcentagem de germinação (%G) e plântulas normais (PN). As análises de vigor tiveram como variáveis o peso da matéria seca (PMS) e comprimento da parte aérea (CA) e raiz (CR) das plântulas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível visualizar que para a primeira contagem (PC) não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos, assim como para a porcentagem de germinação (%G). Esse resultado demonstrando que o milho crioulo “Paulistão” não tem sua germinação impedida pelos diferentes potenciais osmóticos utilizados, permitindo assim a germinação de suas sementes quando submetidas a estresse salino e consequência hídrico. Resultados similares têm sido obtidos, e o milho não teve alteração significativa em sua germinação (NETO, 2016; SILVA, 2016).

Em relação ao comprimento da parte aérea (CA) das plântulas, a testemunha e o potencial -0,3 não diferiram entre si ($p > 0,05$). Desta forma, soluções com potencial de -0,3 não influenciam expressivamente no desenvolvimento da parte aérea das plântulas. Os tratamentos -0,6 e -0,9 contribuíram para desenvolvimento diferente das plântulas, sendo o último o que contribuiu para redução da parte aérea. Esse resultado se deve à salinidade da solução que ocasiona distúrbios no metabolismo das plântulas, reduzindo o seu crescimento.

Tabela 1. Primeira contagem (PC), Porcentagem de Germinação (%G), Comprimento da parte aérea (CA) e Comprimento da raiz principal (CR) para sementes crioulas de milho variedade “Paulistão”.

Tratamento	PC (%)	%G (%)	CA (cm)	CR (cm)
Testemunha	97,50 a	95,50 a	5,83 a	12,04 a
-0,3	96,50 a	97,00 a	4,97 a	9,76 b
-0,6	95,00 a	97,50 a	3,07 b	7,51 c
-0,9	93,00 a	98,00 a	1,73 c	5,24 d
CV (%)	1,83	1,77	22,37	15,07
Média Geral	95,5	97	3,90	8,64

Letras iguais na mesma coluna não representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%

Para comprimento da raiz principal (CR) em todos os tratamentos avaliados houve resultados contrastantes entre si, sendo o potencial -0,9 com os menores valores. O mesmo foi descrito em trabalho onde verificou que à medida que o potencial osmótico é reduzido o comprimento da raiz primária das plântulas também é reduzido devido aos distúrbios gerados que reduzem de forma grave o desenvolvimento radicular (NETO, 2016).

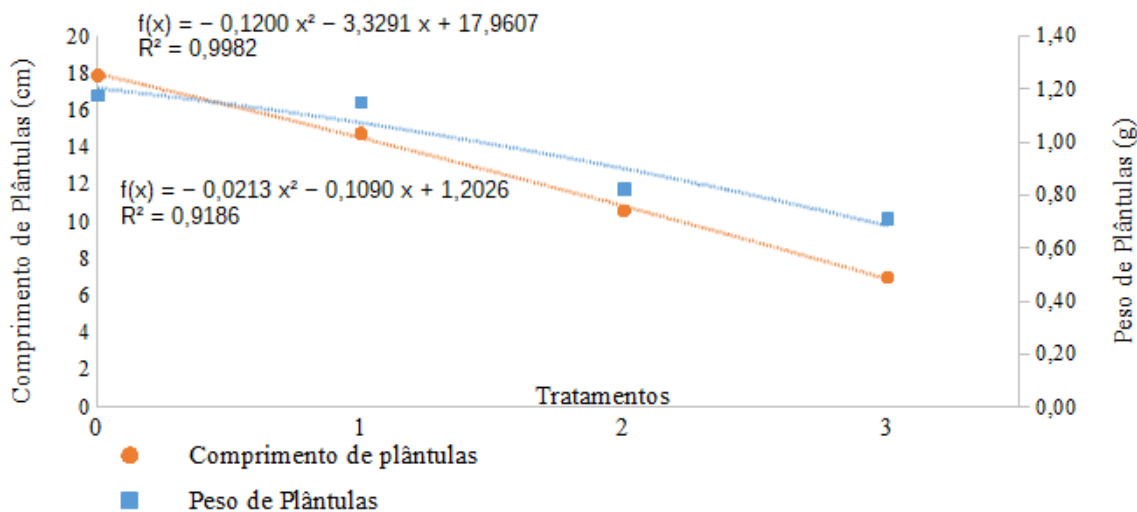


Figura 1. Comprimento de plântulas e peso de biomassa seca nos tratamentos. Tratamentos 1 (0,0), 2 (-0,3), 3 (-0,6) e 4 (-0,9).

Como observado na figura 1 existe uma redução nos valores de comprimento total de plântulas a medida de que o potencial de restrição da solução foi aumentado.

O peso de matéria seca (PMS) produzida foi afetado com aumento da restrição do potencial osmótico. Milho e milho-pipoca foram avaliados quanto ao comportamento em salinidade, obteve resultados similares onde plântulas submetidas ao estresse salino sofreram uma diminuição na produção de biomassa devido a redução do metabolismo (Moterle, 2006).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O estresse salino nos potenciais estudados não interfere na porcentagem final na germinação das sementes do “Paulistão”.

Potenciais de -0,6 e -0,9 prejudicam o desenvolvimento das plântulas reduzindo seu crescimento tanto da parte aérea quanto da parte radicular e, por consequência, desenvolvem menor quantidade de matéria seca.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa PIBIC, ao Departamento de Engenharia Agrônômica, e ao Grupo de Pesquisa em Conservação, Melhoramento Gestão de Recursos Genéticos - Genaplant.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, F. A. L. et al. Mecanismos fisiológicos envolvidos com a diminuição de K^+ em raízes de cajueiro causada por NaCl. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 04, p. 588-595, 2009.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.159-164, 2000.

BISOGNIN, D. A. et al. Potencial de variedades de polinização aberta de milho em condições adversas de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.3, n.1, p.29-34, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 220p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v. 5 Safra 2017/18- Quinto levantamento, Brasília, Fevereiro 2018. 140p. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 24 abr. 2019.

DANTAS, J. A. et al. Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clones de *Pennisetum*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 01, p. 97-101, 2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. v. 6, p. 36-41, 2008.

MOTERLE, L.; Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p.169-176, 2006.

NAKAGAWA, J.; Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

NETO, J. A. P.; Qualidade fisiológica de sementes de milho sob condições de estresse salino. **Cultura Agronômica**, v. 25, n. 4, p. 401-408, 2016.

OLIVEIRA, L. A. M.; AZEREDO, R. A.; ARAÚJO, G. L.; MANTOVANI, E.C. Estimativa de produção em áreas irrigadas sob o cultivo da cultura do milho utilizando imagens de satélite. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 1, p. 400 - 409, 2016.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove *Bruguiera parviflora* grown under hydroponic culture. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 08, p. 921-928, 2004.

SILVA, D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/ SBH/ABEAS, 1997.

SILVA, R. C. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.

VAIDYANATHAN, H.; SIVAKUMAR, P.; CHAKRABARTY, R.; THOMAS, G. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) – differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. **Plant Science**, v.165, p.1411-1418, 2003.

EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL EM GOIÁS E A INEFICIÊNCIA O CONTROLE POR PARTE DO PODER PÚBLICO

Renato Adriano Martins¹; Eduardo Vieira dos Santos¹; Jaqueline de Oliveira Lima²; Sandy Thaynara Rosa da Silva¹; Welington Henrique da Silva¹
Autor para correspondência: matinsra@gmail.com

¹Universidade Estadual de Goiás - Campus Morrinhos; ²Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Barra do Garças

RESUMO

O avanço da agricultura moderna, por meio de um contínuo processo de mecanização, engendrou novas formas e técnicas de cultivos no Cerrado, como é o caso da irrigação por pivô central, com a implantação da primeira unidade no ano de 1982, e que vivenciou um aumento contínuo até os dias atuais. Todavia, o avanço geométrico dessa prática agrícola com demanda de grande quantidade de água não foi acompanhado, na mesma proporção, por ações gestoras do poder público, propiciando grave crise hídrica nas bacias hidrográficas goianas. Tal fato gera preocupação no cenário de gestão dos recursos hídricos a nível nacional, pois o estado de Goiás é local de nascente de cursos de água de três grandes bacias hidrográficas, Tocantins/Araguaia, Paraná e São Francisco. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi evidenciar como ocorreu o avanço quantitativo e espacial da irrigação por pivô central no estado de Goiás e analisar se o órgão ambiental competente, no caso a SECIMA, estava/está preparado para gerir a crescente demanda por água e, conseqüentemente, promover a preservação dos recursos hídricos, através de emissões de outorga, licenciamento e fiscalização na implantação do pivô central. Para tal, utilizou-se as geotecnologias para demonstrar a evolução quantitativa e espacial da prática de irrigação por pivô central nos municípios goianos desde a implantação das primeiras unidades até o ano de 2016 e a Lei de Acesso à Informação para conhecer o quadro técnico da SECIMA, responsável pela gestão dos recursos hídricos em Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: Pivô Central; Gestão; SECIMA

EXPANSION OF CENTRAL PIVOT IN GOIÁS AND THE INEQUICIENCY IN CONTROL BY THE PUBLIC POWER

ABSTRACT

The advance of modern agriculture, through a continuous process of mechanization, engendered new forms and techniques of cultivation in the Cerrado, such as central pivot irrigation, with the implementation of the first unit in 1982, and which experienced a continuous increase to the present day. However, the geometric advance of this agricultural practice with demand for a large amount of water was not accompanied, in the same proportion, by management actions of the public power, providing a serious water crisis in the watersheds of Goiás. This fact raises concern in the water resources management scenario at national level, since Goiás is the source of water courses in three large watersheds, Tocantins / Araguaia, Paraná and São Francisco. In this sense, the objective of this research was to show how the quantitative and spatial development of the central pivot agro-business of Goiás occurred and to analyze whether the competent environmental agency, in the case SECIMA, was/is prepared to manage the increasing demand for water and consequently, to promote the preservation of water resources, through granting, licensing and inspection issues in the implantation of the central pivot. For this purpose, the geotechnologies were used to demonstrate the quantitative and spatial evolution of the central pivot irrigation practice in the municipalities of Goiás, from the implementation of the first units to the present day, and the Access to Information Law to know SECIMA's technical staff, responsible for the management of water resources in Goiás.

KEY-WORDS: Central Pivot; Management; SECIMA

INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, a agricultura brasileira passou por intensas e constantes transformações, especialmente no que se refere ao avanço tecnológico, o que culminou no uso de novas técnicas, que favoreceu o intenso uso dos recursos naturais, desse modo, não apenas o solo, mas também a água passam a ser apropriados e utilizados em prol do aumento da produção agrícola, principalmente através de técnicas de irrigação.

Essa técnica, que já era praticada há pelo menos 8000 AP, foi sendo, ao longo da história da humanidade, aperfeiçoada e remodelada através de contínuas inovações tecnológicas, até surgir nos EUA, no ano de 1952, o pivô central tipo aspersão. Seu funcionamento demanda grande quantidade de água, que é captada ou diretamente nos cursos d'água ou em reservatórios construídos para tal finalidade.

Não obstante, o avanço da agricultura moderna, através de um contínuo processo de mecanização, engendrou novas formas e técnicas de cultivos no Cerrado, fato este que reproduziu nesse Bioma práticas agrícolas até então restritas à região Sudeste do Brasil, como é o caso da irrigação por pivô central. Em decorrência da abundante rede hidrográfica e de um relevo suave ou levemente ondulado, elementos naturais essenciais para a implantação dessa tecnologia, somando-se aos incentivos governamentais, à infraestrutura para o escoamento e à disponibilidade de energia elétrica, atualmente essa técnica está presente na maioria dos municípios goianos (MARTINS et al., 2017).

É salutar destacar que, para que seja implantada uma unidade de irrigação por pivô central, devem ser observados alguns princípios legais, tais como outorga para barramento e captação de água e licenciamento para o funcionamento do equipamento. A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos no inciso III, do Art. 5º da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos (BRASIL, 2012 - Lei nº 9.433/1997).

Em relação ao licenciamento, a resolução CONAMA Nº 284, de 30 de agosto de 2001, seguindo as determinações da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, reza em seu Art. 2º que: “Os empreendimentos de irrigação deverão ser licenciados pelo órgão ambiental competente, devendo ser prestadas todas as informações técnicas, respectivas, na forma da legislação ambiental vigente e do disposto nesta Resolução” (BRASIL, 2001, p. 01).

Nesse sentido, é de responsabilidade do órgão estadual de meio ambiente, no caso do estado de Goiás a SECIMA e seu corpo técnico, zelar pelos trâmites legais dos processos de outorga de barramento, captação e licenciamento para implantação e funcionamento do pivô central. Todavia, o que se tem observado é a incapacidade do órgão ambiental competente de gerir corretamente os recursos hídricos no Cerrado Goiano em virtude da grande demanda, principalmente do setor agrícola.

No estado de Goiás, esse fato tem despertado a preocupação tanto por parte das autoridades competentes (EMBRAPA 2013; IBM 2014; IBM 2014b), quanto por parte de estudiosos (MARTINS et al., 2014; MARTINS et al., 2016, 2017; SILVA; HORA, 2015; LIMA et al., 2007; EVANGELISTA et al., 2010), que dedicam especial atenção a esse tema que, em virtude das 3244 unidades instaladas em Goiás (MARTINS et al, 2017), é de suma importância para a continuidade dessas pesquisas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Em virtude do exposto, objetivou-se com esse trabalho conhecer como ocorreu o avanço quantitativo da agricultura irrigada por pivô central no tempo e no espaço goiano e analisar se o órgão ambiental

competente, no caso a SECIMA, estava/está preparado para gerir a crescente demanda por água e consequentemente promover a preservação dos recursos hídricos, por meio de emissões de outorga, licenciamento e fiscalização na implantação do pivô central

MATERIAIS E MÉTODOS

Para identificar o ano em que ocorreu a implantação das primeiras unidades de pivô central e demonstrar como ocorreu a expansão dessa prática agrícola no Cerrado Goiano, utilizou-se dados disponíveis no Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) e se lançou mão de imagens de satélite LANDSAT.

As informações sobre o quantitativo de pivô central para os anos de 2001, 2006 e 2011 estão disponíveis no formato shp e podem ser baixadas no *site* do SIEG, <http://www.sieg.go.gov.br>. A identificação das primeiras unidades de pivô central implantadas em Goiás ocorreu por meio de imagens do satélite LANDSAT – 3, sensor MSS, resolução espacial de 80 metros datada de 25 de agosto de 1982. Já o quantitativo referente à expansão do pivô central anos de 1986, 1991 e 1996 foi possível a partir de processamento e interpretação de imagens satélite LANDSAT 5 - TM e, para o ano de 2016, LANDSAT 8 - OLI, ambos com resolução espacial de 30 metros, composição colorida RGB345.

No processo de correção geométrica empregou-se o registro imagem/imagem, utilizando como referência cenas/imagens georreferenciadas e ortoretificadas com resolução espacial de 14,5 metros, pertencente ao mosaico GeoCover 2000®, distribuído sem custos pela NASA. O georreferenciamento aconteceu no Erdas, lançando mão da ferramenta *Geometric Correction*.

No procedimento de registro foram coletados 30 (trinta) pontos de controle bem distribuídos em cada cena/imagem, todos em locais de fácil identificação, tais como: cruzamento de estradas e/ou rodovias e encontro de curso d'água. Como resultado, obtiveram-se todas as cenas/imagens registradas/georreferenciadas, com erro RMS menor que 0,05mm (cinco) pixel, aceitável e compatível com a escala de abordagem. Após serem georreferenciadas, as cenas/imagens foram mosaicadas, isto é, foi realizado um ajuntamento de imagens adjacentes para se obter um recobrimento de todo o território Goiano em uma única imagem.

Após o georreferenciamento, as imagens foram todas realçadas utilizando-se a técnica de contraste linear e também foram salvas no formato TIF, para posteriormente, no programa ArcMap 10.1, ocorreu a identificação e o mapeamento dos pivôs centrais. A identificação aconteceu diretamente sobre o monitor do computador através de detecção visual, pois, em decorrência de sua forma circular, o pivô central é facilmente identificado na imagem de satélite. Ao passo que ocorria identificação, fazia-se a vetorização dos mesmos na interface *Catalog Window*, do *software* Arcgis 10.1, esse processo possibilitou as representações temáticas dos pivôs centrais e a quantificação de suas áreas, utilizando para tal a ferramenta *calculate geometry*.

Como resultado, obtiveram-se o quantitativo e a distribuição espacial da prática de irrigação do pivô central no estado de Goiás nos últimos 34 anos. Esse recorte temporal foi escolhido por contemplar a implantação das primeiras unidades de pivô central, ocorrida na primeira metade da década de 1980, sendo a expansão dessa prática analisada em um intervalo de tempo de 5 em 5 anos. Assim, como resultado final, têm-se os quantitativos de pivôs centrais e as áreas irrigadas para os anos de 1982, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016 e 2019. A partir desses dados foram confeccionados, no *software* Excel, gráfico e tabela.

Na análise do controle sobre a implantação do pivô central por parte do poder público em Goiás, buscou-se informações junto à SECIMA no que concerne à política de licenciamento dos equipamentos e outorga de água para fins de irrigação por pivô central, bem como à estrutura do corpo técnico disponível.

Primeiramente, foram abertos dois processos diretamente no “Vapt Vupt” ambiental da SECIMA no dia 31/10/2015. O primeiro deles foi o Processo nº 13087/2015, direcionado à Superintendência de Licenciamento e Qualidade Ambiental. Nesse processo, foram solicitadas informações referentes à

implantação, ao licenciamento e à fiscalização sobre a implantação do pivô central, bem como sobre o quantitativo de profissionais da SECIMA envolvidos nesses processos.

O outro processo, de nº 13088/2015, foi direcionado à Superintendência de Recursos Hídricos. Nesse processo, foram solicitadas informações referentes ao quantitativo de outorga destinado à implantação do pivô central, e buscou-se conhecer o quantitativo de profissionais da SECIMA envolvidos nesses processos.

Esses processos, no entanto, só foram respondidos após ser acionada a Ouvidoria Geral do Estado, através do Serviço Eletrônico de Informação ao Cidadão, por meio do endereço eletrônico http://www.cge.go.gov.br/ouvidoria/frm_manifestacao.php, que gerou o protocolo nº 2016.0311.171146-51 referente à solicitação de licenciamento para pivô central, com entrada na Ouvidoria em 11/03/2016 e resposta em 30/06/2016. O outro com protocolo nº 2016.0226.143116, relativo às outorgas concedidas ao abastecimento de pivô central, com entrada na Ouvidoria em 26/02/2016 e resposta em 09/03/2016.

Nesse contexto, foram feitas indagações a respeito dos critérios e leis utilizados no licenciamento ambiental para implantação do pivô central, número de pivôs licenciados e em processo de licenciamento em Goiás, quantitativo de outorgas de captação destinadas ao abastecimento de pivô central, número de profissionais responsáveis pelos processos de outorga e de licenciamento ambiental e quantitativo de fiscais de campo a serviço da SECIMA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, a prática de irrigação por pivô central vem se tornando cada vez mais habitual entre os grandes produtores. A possibilidade de evitar perdas por questões relacionadas às secas prolongadas ou de produzir determinados produtos fora da época habitual da safra, fato que maximiza o lucro, fez com que a agricultura irrigada se tornasse uma alternativa eficiente e rentável para os grandes agropecuaristas. Em decorrência, sobreveio um avanço contínuo, tanto no tempo, com um acréscimo do número de unidades implantadas, quanto no espaço, com a implantação em quase todos os municípios goianos. Interpretações das imagens do satélite da série LANDSAT, cuja evolução espacial é retratada na Figura 01 e os dados expressos no Gráfico 1, evidenciam o contínuo avanço do pivô central no estado de Goiás.

Como pode ser observado na Figura 1, o primeiro pivô central foi implantado no ano de 1982, sendo uma unidade no município goiano de Castelândia e outra em Uruaçu, totalizando 1,6 km² de área irrigada. Quatro anos depois, em 1986, a irrigação por pivô central estava presente em vinte municípios goianos com 41 unidades, irrigando uma área de 33 km², incremento de 1950% no número de unidades instaladas. Em 1991, esse número saltou para 409 unidades distribuídas por 84 municípios e irrigando uma área de 330 km², o que corresponde a um aumento de 895%.

Observa-se que entre os anos de 1991 a 1996 ocorreu um incremento de 112%, sendo que o número de pivôs implantados saltou de 409 para 869 unidades, chegando a 656 km² de área irrigada, distribuídos por 116 municípios. Em 2001, o pivô central já estava presente em 137 municípios goianos, irrigando uma área de 1182 km², distribuída por 1.533 unidades, o que corresponde a um aumento de 76% em relação a 1996. Em 2006, a prática de irrigação do pivô central atingiu 141 municípios goianos, totalizando assim 2.163 unidades implantadas e irrigando 1.672 km², um incremento de 41% tanto na área irrigada quanto no número de unidades instaladas. De 2006 para 2011, o incremento foi de “apenas” 23% no número de pivôs e de 17% na área irrigada. Essa diferença ocorre principalmente em virtude da falta de áreas planas, propícias à implantação do pivô, o que faz com que sejam implantadas unidades menores em virtude da falta de espaço.

Figura 1 - Expansão da irrigação por pivô central nos municípios Goianos: 1982 a 2016

Também é importante observar que ocorreu uma redução no número de municípios com uso de pivô central de irrigação, sendo que, no ano de 2006, essa prática se encontrava presente em 141 municípios, já no ano

de 2011, esse número caiu para 136. Isso significa dizer que nesse período cinco municípios goianos deixaram de cultivar utilizando irrigação por pivô central.

Já no ano de 2016 existiam no Território Goiano 3.244 unidades de pivô central instaladas, perfazendo 235.413 hectares de área irrigada, um aumento de 20% na área irrigada em relação ao ano de 2011. Observa-se também que, atualmente, tal prática encontra-se distribuída e especializada de forma desigual em 151 municípios goianos. É relevante observar que entre os anos de 2011 e 2016 ocorreu um aumento considerável no quantitativo de unidades de pivô central instaladas em Goiás, fato que não foi acompanhado na mesma proporção pela área irrigada. Este evento pode ser explicado, parcialmente, pelo tamanho dos novos pivôs centrais instalados, pois, em virtude da falta de áreas planas, que possibilitam a implantação de pivôs de grande porte, o agricultor se vê obrigado a optar por vários pivôs de pequeno porte, aumentando o número de unidades, mas, com pequenas áreas irrigadas.

Gráfico 1 - Evolução da prática de irrigação por pivô central no estado de Goiás (1982 a 2016)

Como pode ser observado na Tabela 1, quinze municípios goianos concentram basicamente aproximadamente 60% dos pivôs instalados em Goiás, somando 1.933 unidades e totalizando 59.816,16 hectares de área irrigada. Em relação à unidade administrativa, Cristalina é o município goiano que em 2016 possuía o maior quantitativo de pivô central, tanto em números absolutos, com a existência de 704 unidades, quanto em área cultivada, com um total de 56.406 hectares plantados.

Tabela 1 - Lista dos 15 municípios goianos com maior quantitativo de pivô central no ano de 2016.

NOME DO MUNICÍPIO	REGIÃO DE PLANEJAMENTO	NÚMERO DE PIVÔS	ÁREA OCUPADA POR PIVÔ (ha)
1. Cristalina*	Entorno do Distrito	704	56406,269
2. Jussara*	Oeste Goiano	114	12440,468
3. Paraúna	Oeste Goiano	125	8157,708
4. Morrinhos	Sul Goiano	158	7934,251
5. Luziânia*	Entorno do Distrito	104	7587,525
6. Agua Fria de Goiás*	Entorno do Distrito	89	7122,190
7. Campo Alegre de Goiás*	Sudeste Goiano	96	6918,114
8. Rio Verde	Sudoeste Goiano	75	6728,557
9. Ipameri*	Sudeste Goiano	57	5562,246
10. Catalão	Sudeste Goiano	66	5242,258
11. Itaberaí*	Noroeste Goiano	99	4944,541
12. Cabeceiras*	Entorno do Distrito	59	4269,962
13. Vicentinópolis	Sul Goiano	75	3936,665
14. Goiatuba	Sul Goiano	54	3860,249
15. Sylvania	Sudeste Goiano	58	3643,848

TOTAL		1.933	59.816,16
--------------	--	--------------	------------------

Essa concentração é explicada pelo desigual avanço da agricultura moderna no Cerrado presente em Goiás, decorrente principalmente das diferentes formas de relevo existentes no Estado de Goiás, tendo-se em vista que nesses municípios, excetuando Jussara, onde prevalece a Planície do Araguaia, a geomorfologia é composta predominantemente por vastas chapadas chapadões, cuja superfície é bastante aplainada, favorecendo a mecanização e conseqüentemente a implantação da irrigação por pivô central. Contribui também para essa concentração, além das características geomorfológicas destes municípios, a disponibilidade hídrica e de energia elétrica, a proximidade e a interligação com centros consumidores e a presença de agroindústrias que compram e processam a matéria-prima, exportam ou destinam ao mercado interno os produtos finais.

Gráfico 2 - Distribuição do comprometimento hídrico nas bacias com pivôs centrais instalados. Fonte: Instituto Mauro Borges (2014)

O avanço e a abrangência espacial do pivô central provocam grande pressão nos recursos hídricos em Goiás, sendo que, segundo dados do Instituto Mauro Borges (IBM, 2014), a elevada demanda tem ocasionado grande comprometimento na disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas goianas, como pode ser observado no Gráfico 2.

De acordo com o IMB (2014), em vinte e dois por cento das bacias hidrográficas do Estado de Goiás que possuem pivôs centrais instalados o indicador de comprometimento é considerado normal. Dez por cento das bacias encontram-se em estado de alerta. Em quatro por cento das bacias goianas o comprometimento é de risco moderado. O mais preocupante é que em sessenta e quatro por cento das bacias goianas em que existem pivôs centrais o Indicador de Comprometimento é Altamente Crítico, sendo que a demanda supera cem por cento da disponibilidade hídrica.

Em decorrência, essas bacias hidrográficas merecem uma atenção especial por parte do poder público, principalmente no tocante à liberação de novas outorgas. É necessária uma rigorosa análise técnica, com fiscalização e monitoramento *in loco*, de forma a garantir o uso múltiplo das águas e o abastecimento e uso coletivo, evitando assim uma maior degradação ambiental e conflitos entre os diversos segmentos do setor produtivo.

Figura 3 - Espacialização da irrigação do pivô central por bacia hidrográfica de quinta ordem

Todavia, esses dados devem ser vistos com certo cuidado, pois “este estudo considera apenas um tipo de uso da água” (IMB, 2014, p. 3) necessitando, portanto, de pesquisas mais aprofundadas que analisem as demandas e o comprometimento hídrico causado por outras classes do agrohídronegócio, tais como a cana-de-açúcar e a geração de energia elétrica, que podem agravar a situação hídrica em outras bacias onde essas atividades se desenvolvem. Ressalta-se, também, a falta de conhecimento em relação à alteração no ciclo hidrológico, decorrente das modificações no processo de evaporação e evapotranspiração real, haja vista que tal conhecimento é imprescindível ao manejo e à gestão das bacias hidrográficas (BEZERRA et al., 2008).

Atuação do poder público no controle da irrigação do pivô central

No Estado de Goiás, o Poder Público, representado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA), órgão estadual responsável por gerir os recursos hídricos através de emissões de outorga e em parceria com alguns Municípios, e por licenciar e fiscalizar atividades que transformam e/ou agridem o ambiente, como é o caso do pivô central, tem se demonstrado totalmente ineficiente.

O fato é que, atualmente, os departamentos da SECIMA, responsáveis pela gestão ambiental em Goiás, enfrentam problemas de infraestrutura e, principalmente, de escassez de mão de obra técnica especializada. Tal afirmação tem por base os dados fornecidos pela própria SECIMA, que foram solicitados através da Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, que regulamenta o acesso à informação em órgãos públicos. Apesar da referida Lei preconizar que o retorno por parte do órgão público deve ocorrer em no máximo 20 dias, no caso específico das informações solicitadas para esta pesquisa junto à SECIMA, as mesmas foram disponibilizadas no prazo de cinco meses pela Superintendência de Recursos Hídricos, e oito meses pela Superintendência de Licenciamento e Qualidade Ambiental, e somente foram obtidas as informações completas após o acionamento da Ouvidoria Geral do Estado.

De acordo com as informações apresentadas pela Superintendência de Recursos Hídricos da SECIMA (GO), na época em que foi solicitado as informações, esse departamento contava com dois analistas técnicos para análise de Águas Superficiais e um analista técnico para análise de Águas Subterrâneas, responsáveis por avaliar e dar andamento a todos os pedidos de outorga que chegam até aquele Órgão. Dessa forma, em virtude principalmente da insuficiente mão de obra especializada, os atrasos nas solicitações de outorgas são uma constante no Estado de Goiás.

Essa é a mesma realidade da Superintendência de Licenciamento e Qualidade Ambiental da SECIMA (GO). Segundo informação repassada, essa superintendência conta atualmente com apenas dois analistas responsáveis por analisar todos os processos de licenciamento que são protocolados no órgão. Esse fato constitui-se em uma total falta de respeito, tanto com o empreendedor, quanto com o ambiente, haja vista que o produtor necessita esperar um longo período para iniciar sua atividade econômica, fato que faz com que muitos atuem na clandestinidade, sem as devidas fiscalizações e controle, maximizando os danos e impactos ambientais.

Além dos atrasos burocráticos, outro fato que faz com que o produtor/empreendedor deixe de lado as exigências ambientais legais é a certeza da fiscalização ineficiente e a consequente impunidade. Isso em função de a SECIMA contar com 33 fiscais de campo para fiscalizar todo o território Goiano, nos mais diversos segmentos produtivos: atividade agrícola, pecuária, extrativismo e industrial.

A própria Gerência de Fiscalização, Monitoramento e Auditoria Ambiental reconhece em sua resposta que, com esse quantitativo de fiscais, a fiscalização fica comprometida. Nas palavras dessa Gerência:

[...] as atividades realizadas por esta Gerência são extremamente diversas, englobando denúncias da Controladoria (Ouvidoria) Geral do Estado com prazo máximo de 20 dias para atendimento, denúncias registradas no Protocolo da SECIMA, ofícios de órgãos variados (Tribunais de Justiça, Ministério Público, Prefeituras, Procuradoria-Geral do Estado, etc), fiscalização pós-licenciamento em empreendimentos com licenças emitidas por esta Secretaria, fiscalização em processos de licenciamento em que os analistas encontraram irregularidades, realização de vistoria em processos do Núcleo de Licenciamento para auxiliá-los em sua demanda, Participação em operação conjuntas com outros órgãos, dentre outras atividades. (SECIMA, 2016, p. 02).

Pode-se deduzir que, frente a essa extensa demanda, é praticamente impossível realizar fiscalização eficiente de todos os empreendimentos implantados ou em processo de implantação em Goiás. Principalmente no que tange à atividade agropecuária, como é o caso dos 3.244 pivôs centrais com seus respectivos locais de captação, que se encontram espacializados por 151 Municípios das diversas regiões Goianas.

Dessa forma, o principal responsável por conduzir corretamente o processo de licenciamento ambiental, bem como a solicitação da outorga e a escolha do local de captação é o profissional habilitado em curso de graduação ou tecnológico, principalmente Engenheiro Agrônomo, Engenheiro Florestal, Engenheiro Civil, Tecnólogo em Irrigação, respaldado pela entidade de classe, que, nesse caso, é o CREA, através da sua respectiva ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

Aliás, o que se tem visto é uma total falta de ética, de profissionalismo e de responsabilidade com a conservação ambiental por parte desses profissionais, sendo que nem mesmo as diretrizes legais são

observadas no processo de solicitação de licenciamento ambiental e/ou outorga de água. Nesse sentido, como o efetivo de técnicos da SECIMA é insuficiente para uma eficaz fiscalização de campo, e mesmo para uma análise documental, a liberação de outorga e a licença para implantação/funcionamento do empreendimento têm por base apenas os relatórios e laudos confeccionados pelo profissional responsável. Como consequência, tem-se observado que muitos equipamentos foram implantados em desacordo com a legislação ambiental vigente (MARTINS et al., 2017)

Os dados fornecidos pela SECIMA revelam que tanto o número de pivôs licenciados, quanto o quantitativo de reservatórios outorgados são consideravelmente menores que o total de pivôs implantados em Goiás, bem como o quantitativo de outorga, que é inferior ao número de reservatórios que são utilizados na captação de água para o abastecimento dos pivôs.

Segundo as informações prestadas pela SECIMA, no ano de 2016 havia, no Estado de Goiás, um total de 234 pivôs licenciados, somando licenças de instalação e funcionamento e renovação. Somam-se, ainda, 135 processos de licenciamento de pivôs em fase de análise. O total de pivôs regularizados mais os que estão em processo de regularização junto à SECIMA somam 369 unidades, o que representa apenas 11,37% de todo o quantitativo de pivôs centrais instalados em Goiás, que é de 3244 unidades.

Deve-se ressaltar que, com o processo de descentralização ambiental implantado pela antiga Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), através do Decreto n.º 5.159, de 29 de dezembro de 1.999, muitos municípios Goianos procuraram organizar e reestruturar suas secretarias do meio ambiente, para que tivessem autonomia para emitirem licenças ambientais diversas, dentre elas, o licenciamento para implantação e funcionamento de pivô central.

Esse número deve ser visto com ressalva, haja vista que não foi possível ter acesso ao quantitativo de pivôs centrais que foram devidamente licenciados por todos os Municípios de origem. Nesse sentido, não é possível, nesse momento, precisar o total de pivôs centrais que se encontram devidamente licenciados ou em processo de licenciamento em Goiás. Tendo por base alguns dados levantados junto a alguns Municípios, pôde-se verificar que houve pouca alteração no quantitativo de pivôs centrais devidamente licenciados ou em fase de licenciamento.

Alguns Municípios em Goiás têm autonomia para emitir licenças desde o ano de 2010. Assim como ocorre com a SECIMA, nesses Municípios o número de pivôs licenciados é praticamente insignificante. Só para exemplificar, segundo informações colhidas junto à Superintendência de Meio Ambiente de Morrinhos, desde 2013 esse Departamento realiza o procedimento de licenciamento ambiental e nesses três anos de atuação foram licenciadas apenas dezessete unidades de pivôs centrais, um número muito baixo quando comparado ao universo de pivôs existentes no Município, que é de 158 unidades. Já no município de Cristalina, que possui o maior quantitativo de pivôs do Estado, com 704 unidades implantadas, foram licenciados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente apenas treze unidades de pivô central nos últimos quatro anos (MARTINS, 2017).

Esses números evidenciam que a política de descentralização ambiental ainda encontra-se em estágio embrionário no Estado de Goiás. Por um lado, os Municípios, em sua maioria, ainda não contam com infraestrutura e mão-de-obra adequada e suficiente para suprir as demandas provenientes das atividades produtoras. Em contrapartida, os produtores, mesmo com a maior facilidade e comodidade que o licenciamento local oferece, também não têm demonstrado preocupação a respeito da necessidade de regularizarem sua atividade agrícola, muitas vezes, por não cumprirem com os requisitos básicos para que possam pleitear o licenciamento ambiental, como por exemplo, respeitar as Áreas de Preservação Permanentes (MARTINS et al., 2017).

Dessa forma, tais empreendimentos continuam na clandestinidade, sendo passíveis de processo administrativo civil e criminal. Esse fato deixa claro que a não adequação às leis ambientais vigentes não decorre apenas do excesso de burocracia por parte do Poder Público, que dificulta a legalização ambiental como muitos produtores alegam, mas, sim, de uma total falta de respeito e preocupação com a legislação ambiental e com o ambiente e seus ecossistemas.

Em relação às outorgas, a Gerência da SECIMA, responsável por analisar os processos, explicou que existe atualmente, no Estado de Goiás, um total de 2.226 barragens efetivamente outorgadas e mais 377 em análise. Também informou que, para fins de irrigação, existem hoje 3.400 outorgas devidamente expedidas e outras 847 em processo de análise. Contudo, segundo essa Gerência, não é possível informar quantas dessas barragens são utilizadas para captação de água para abastecimento de pivô central, e também não discriminou as formas de irrigação para as quais foram emitidas as outorgas. Isso escancara a inoperância do sistema de gestão dos recursos hídricos e ambientais em Goiás.

Na era da informática, em que informações complexas são armazenadas em banco de dados, podendo ser acessadas com apenas um *click* e disponibilizadas instantaneamente, a SECIMA não sabe precisar a destinação da água que é utilizada em Goiás, mesmo as captações que foram devidamente outorgadas, isso por que, no processo de pedido de outorga, é necessário informar qual é o objetivo e para qual uso se destina a outorga. Nesse sentido, fica evidente que não há uma preocupação por parte da SECIMA, com um maior controle do uso múltiplo da água no Estado de Goiás, o que tem provocado conflitos entre os diversos usuários e prejuízos ambientais diversos.

O fato é que os barramentos têm várias utilizações, desde o acúmulo de água, a criação de peixe, a dessedentação de animais, e, principalmente, a irrigação. A irrigação, por sua vez, pode ser de vários tipos, tais como: localizada por gotejamento, superficial por gravidade, aspersão por jatos e canhões, micro aspersão tipo pivô central. Estes fatos dificultam a identificação do quantitativo de pivô central, cuja captação encontra-se devidamente outorgada, impedindo que se possam analisar os casos em que a captação ocorre de forma irregular.

No que concerne às outorgas, os Municípios não têm autonomia para fazê-lo, pois, de acordo com Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, que Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, em seu Art. 14: “A outorga efetivar-se-á por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal” (LEI Nº 9433/1997, p. 05).

Assim, no caso de corpos d’água de domínio da União, a outorga é expedida pela Agência Nacional de Águas – ANA. No caso de corpos d’água de domínio estadual, a tarefa de expedir outorgas cabe à entidade ou órgão público deste nível de poder encarregado da gestão do uso da água, no caso do Estado de Goiás é responsabilidade da SECIMA a gestão dos recursos hídricos estaduais, através da emissão de outorgas e da fiscalização da captação e do uso dos recursos hídricos. Contudo, no que tange à análise de processos de solicitação de outorgas, a Gerência de Outorga da SECIMA informou que no ano de 2016 contava com apenas dois Analistas Técnicos para análise de Águas Superficiais e um Analista Técnico para análise de Águas Subterrâneas. Informou também que:

Quanto à fiscalização não compete a esta Gerência realizar, e sim a outro **departamento específico**. No entanto, quando recebemos denúncias ou quando há necessidade de verificações técnicas para realização de pareceres, nos encaminhamos uma de nossas equipes ao local para realização de levantamentos (SECIMA, 2016, Grifo do autor).

O problema é que, como já foi anteriormente mencionado, esse “Departamento específico” conta apenas com trinta e três (33) fiscais para cobrir todo o Estado de Goiás. Nessa conjuntura, a grande maioria das outorgas é expedida tendo por base apenas relatórios e laudos emitidos por profissionais que prestam serviços ao produtor/empresário, o que favorece a legalização de barramentos e captação em situações não permitidas, inclusive em locais protegidos permanentemente por lei. Dessa forma, de acordo com Martins et al. (2017), em virtude da falta de fiscalização os reservatórios estão sendo construídos em qualquer lugar, o que provoca a alteração e a degradação de áreas protegidas permanentemente por lei.

Nesse sentido, o licenciamento e a outorga que deveriam servir como instrumentos de apoio a uma eficiente gestão, norteados pela fiscalização e o controle das atividades potencialmente impactantes, são utilizados como mera ferramenta de arrecadação, perdendo sua essência, que é a proteção ambiental. Por isso, é preciso repensar o papel e a atuação da SECIMA no âmbito da gestão ambiental de Goiás, de modo que o Estado possa conciliar o desenvolvimento agrícola/industrial com a conservação ambiental e principalmente com a

proteção das Áreas de Preservação Permanente, que são de extrema importância para o sistema hídrico e biogeográfico do território Goiano.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

É inegável a importância do agronegócio e da irrigação, principalmente do pivô central, para a economia dos municípios Goianos. Contudo, é preciso ter a consciência de que a agropecuária e a agricultura irrigada necessitam de recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos no processo produtivo. A preocupação com o crescimento no número de pivô central no Estado de Goiás não se restringe apenas a uma visão ambientalista exagerada, mas inclui, também, a questão socioeconômica, tendo em vista que a ineficiência na gestão dos recursos hídricos inevitavelmente provocará uma redução na disponibilidade hídrica, acarretando prejuízos ao produtor, que faz vultosos investimentos na implantação do pivô central e, quando mais necessita dessa técnica, ela pode não atender as suas necessidades em virtude da falta de vazão dos cursos d'água. No mais, podem ocorrer conflitos com outros usuários pela disputa da água. Podendo ainda agravar outros problemas de ordem social em decorrência do decréscimo na produção agrícola, o que refletirá negativamente na geração de emprego nos centros urbanos.

Desse modo, torna-se necessária a conscientização da população humana em geral, com atenção especial aos agropecuaristas, a respeito da necessidade de preservação desse ambiente. Nesse contexto, com objetivo de minimizar o problema, recomenda-se:

- a) Maior rigor do órgão responsável para a liberação da implantação dos pivôs centrais, levando em consideração a capacidade hídrica da bacia e o uso múltiplo da água.
 - b) Maior cobrança do poder público em escala local/regional, responsabilizando os produtores que desrespeitam a legislação ambiental, punindo-os de acordo com a lei.
 - c) Aumentar o quadro de analistas e fiscais ambientais da SECIMA, através de nomeação por concurso público, formando mão-de-obra qualificada e suficiente para atender à demanda do Estado de Goiás, o que aumentaria a eficiência na fiscalização e reduziria o prazo para análise de processos.
 - d) Maior controle e punição por parte do CREA aos profissionais filiados que não observarem a legislação vigente no momento da solicitação de licenciamento e outorga destinada ao pivô central.
- e) Implantar comitês de bacias hidrográficas nas bacias com maior concentração da irrigação do pivô central, instituir o princípio do usuário pagador, e reverter integralmente os recursos angariados para a manutenção, recuperação e efetiva gestão da bacia afetada.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2012.

_____. **Lei nº 12.527**, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm. Acesso em: 20 de jul. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 284**, de 30 de agosto de 2001. Dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=282>. Acesso em: 20 de jul. 2016.

EVANGELISTA et al. Variáveis climáticas e o desempenho de um pivô central, em Cristalina Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.14, n.3, p.246–252, 2010.

INSTITUTO MAURO BORGES. Comprometimento hídrico por pivôs centrais em Goiás. **Informe Técnico**, n. 14, 2014b. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/pub/informestecnicos/14Comprometimento%20H%C3%ADdrico%20por%20Piv%C3%B4s%20Centrais%20em%20Goi%C3%A1s-201406.pdf>. Acesso em jul. 2016.

LIMA et al. **Levantamento da área irrigada por pivô-central no cerrado por meio da análise de imagens de satélite**: uma contribuição para a gestão dos recursos hídricos. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/download/722/t>. Acesso em janeiro de 2015.

SILVA, L. M. da C. S.; HORA, M. de A. G. M. da. Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio são marcos: o estudo de caso da UHE Batalha. **ENGEVISTA**, v. 17, n. 2, p. 166-174, Junho 2015.

MARTINS, R. A. **O agrohidronegócio do pivô central no estado de Goiás: expansão, espacialização, e a consequente degradação do subsistema de Veredas**. 2017. 222 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MARTINS, R. A. et al. O (des) caminho das águas: alteração no subsistema de vereda provocado por reservatório destinado ao abastecimento de pivô central. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 82–101, março 2017.

INDICADORES ECONÔMICOS DA CULTURA DA BATATA-DOCE NO MUNICÍPIO DE MALHADOR-SE

Edwin Thawan Andrade Prado¹; ALAN OLIVEIRA MATOS¹; Hemilly Cristina Menezes de Sá¹; JOSE ROMARIO DA SILVA¹

Autor para correspondência: edwin.prado_12@hotmail.ckm

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

A batata-doce é uma hortaliça bastante apreciada pela população brasileira, sendo a mais cultivada no Nordeste. Este trabalho teve como objetivo determinar os indicadores econômicos da cultura da batata-doce no município de Malhador – SE, povoado Saco Torto. O trabalho foi desenvolvido adotando-se a metodologia de estudo de caso, através de visitas ao produtor e aplicação de questionários, contendo questões semiestruturadas. Dentre os custos operacionais variáveis os serviços mostram-se como os gastos mais onerosos com 72,84%. Na avaliação dos resultados apresentados observa-se uma relação benefício/custo de 3,92, ponto de nivelamento de 3.729,41 kg/hectare, margem de segurança, de -0,70. A produção de batata-doce na região de Malhador - SE, apresenta resultados satisfatórios, permitindo a geração de renda e um retorno financeiro acima do custo oportunidade.

PALAVRAS-CHAVE: custo operacional; Ipomoea; margem líquida

ECONOMIC INDICATORS OF THE SWEET POTATO CROP IN THE MUNICIPALITY OF MALHADOR-SE

ABSTRACT

The sweet potato is a vegetable very appreciated by the Brazilian population, being the most cultivated in the Northeast. The objective of this work was to determine the economic indicators of the sweet potato crop in the Municipality of Malhador - SE, village of Saco Torto. The work was developed adopting the methodology of case study, through visits to the producer and application of questionnaires, containing semi-structured questions. Among the variable operating costs, services are shown as the most costly expenses with 72.84%. In the evaluation of the results presented, a benefit / cost ratio of 3.92 was obtained, leveling point of 3,729.41 kg / hectare, safety margin of -0.70. The production of sweet potatoes in the region of Malhador - SE, presents satisfactory results, allowing the generation of income and a financial return above the opportunity cost.

KEY-WORDS: operating cost; Ipomoea; net margin.

INTRODUÇÃO

A batata-doce, (*Ipomoea batatas*) originária das Américas Central e do Sul é uma espécie dicotiledônea que possuem cerca de 50 gêneros e mais de 1000 espécies, onde somente a batata doce apresenta importância econômica. A cultura se desenvolve em todas as regiões brasileiras principalmente em temperaturas mais elevadas, onde apresentam um maior desenvolvimento, fazendo com que a região nordeste e norte do país sejam mais favoráveis.

A batata-doce é uma das culturas de maior importância mundial, visto que sua produção em 2014 ultrapassou 105 milhões de toneladas, fazendo com que ocupasse o sexto lugar entre as culturas alimentares. A China ganhou destaque no ano de 2012 como maior produtor, representando 75% da produção mundial. No ano de 2013 o Brasil foi o maior produtor entre os países da América do Sul, tendo como destaque os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Bahia e Paraná, apresentando um rendimento médio de 10 t/ha.

No período de 2003 a 2013 Sergipe esteve entre os cinco estados com maior área plantada de batata-doce, entre 2006 a 2011 ocupou o terceiro lugar. Na produção o estado se destacou com 40 mil toneladas em 2013, ficando entre os cinco maiores produtores. Responsáveis por aproximadamente 80% da produção do estado, os municípios de Itabaiana e Moita Bonita ocuparam, respectivamente, a primeiro e sexta colocação entre os municípios brasileiros com maior área plantada.

No Brasil o investimento em tecnologia na cultura da batata-doce é pequeno, e esse fato está associado ao argumento de que a lucratividade obtida é baixa. Sendo assim o pouco volume individual de produção apresenta-se como uma atividade desenvolvida por pequenos agricultores familiares que veem a exploração da cultura uma renda extra.

Devido ao baixo investimento tecnológico os tratos culturais normalmente são realizados de forma manual, principalmente em pequenas propriedades, necessitando assim, de grande disponibilidade de mão de obra, o que permite uma grande capacidade de geração de empregos, fazendo com que haja uma melhoria nas condições de vida das pessoas que realizam essa atividade. Mas para que isso aconteça é necessário que o produtor obtenha uma rentabilidade satisfatória, que permita ao mesmo honra com os custos durante o cultivo, e que sobre dinheiro para manutenção familiar.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Visto que, o cultivo da bata-doce está associado a uma atividade de baixo retorno econômico, a realização deste trabalho tem como objetivo determinar os indicadores econômicos do cultivo da batata-doce no município de Malhador-SE. Ao final do trabalho espera-se determinar os custos de produção e a margem de segurança no cultivo da bata-doce cultivada por um pequeno produtor. Neste estudo, além do custo operacional total, que reflete os custos variáveis para obtenção do produto, também se busca conhecer a estrutura dos custos fixos e indiretos, para que ao fim seja possível verificar a lucratividade da cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Malhador - SE, no povoado Saco Torto, O município de Malhador situa-se a 49 km da cidade de Aracaju, na região central do estado de Sergipe, limite oriental da microrregião Agreste de Itabaiana, a 10°39'33" de latitude sul (S) e 37°18'12" de longitude oeste (W) (SERGIPE, 2008). A metodologia adotada foi a de estudo de caso, que segundo Roesch (1999), constitui-se de uma avaliação de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto de apresentação. O estudo de caso foi aplicado pretendendo analisar com profundidade a atividade desenvolvida pelo produtor, buscando um permeio entre a teoria e a prática.

O trabalho foi desenvolvido através de visitas ao produtor e aplicação de questionários semiestruturado, que permitissem a identificação das atividades desenvolvidas e os custos envolvidos em todo o processo produtivo.

Para a análise econômica, utilizou-se a produtividade da batata-doce por hectare para o cultivo no povoado Saco Torto. A partir da mesma foi estimada a receita bruta e receita líquida, levando em consideração o preço de venda local da cultura. Para tanto, utilizou-se as seguintes fórmulas:

$$RB = PROD \times PKF$$

Onde;

RB – Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

PROD – Produtividade; Kg ha¹

PKF – Preço/Kg; R\$ Kg

$$RL = RB - CTP$$

Onde;

RL – Receita Líquida; R\$ ha⁻¹

RB – Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

CTP – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

A avaliação da sensibilidade econômica da cultura foi efetuada baseada na teoria dos custos de produção, sendo conceituada como a soma de valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo, incluindo o custo de oportunidade, sendo o custo total de produção calculado através da seguinte fórmula:

$$CTP = COT + CO$$

Onde;

CTP – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

COT – Custo Operacional Total; R\$ ha⁻¹

CO – Custo Oportunidade; R\$ ha⁻¹

O custo de oportunidade foi utilizado para avaliar se a produção de batata-doce foi a melhor alternativa viável para o produtor, sendo o custo de oportunidade calculado através da fórmula a seguir:

$$CO = PT \times T$$

Onde;

CO – Custo Oportunidade; R\$ ha⁻¹

PT – Patrimônio; R\$

T – Taxa de Juros; %

Os custos foram classificados em fixos e variáveis. Onde custos fixos são aqueles correspondentes aos recursos que têm duração superior ao curto prazo, nesta categoria se enquadraram utilização da terra, benfeitorias, máquinas, equipamentos, impostos e taxas fixas. Na estimativa da depreciação, no ensaio optou-se pelo método linear. Os custos variáveis em contrapartida foram gastos relativos com o desenvolvimento direto da cultura tais como: mão-de-obra, serviços de máquinas, sementes, adubações, tratamentos culturais, equipamentos, entre outros.

Para avaliação econômica da produção de batata-doce no povoado Saco Torto, analisou-se a relação custo x benefício, estimado através da seguinte fórmula:

$$C \times B = RB / CTP$$

Onde;

C x B – Relação Custo x Benefício

RB – Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

CTP – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

Foi avaliado o ponto de nivelamento da produção, ou seja, quanto o produtor deve produzir para sua receita igualar aos custos, e para tanto a seguinte fórmula foi utilizada:

$$PN = CTP / PKF$$

Onde;

PN – Ponto de Nivelamento

CTP – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

PKF – Preço/Kg; R\$ Kg

Avaliou-se o quanto que o preço ou a produtividade poderiam reduzir, sem que o produtor tivesse prejuízo, ou seja, a margem de segurança, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$MS = (CTP - RB) / RB$$

Onde;

MS – Margem de Segurança

CTP – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

RB – Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

Para efeito de análise do custo alternativo dos recursos produtivos, considerou-se a taxa de juros real de 7% ao ano. Os dados obtidos foram analisados por meio de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho encontrou-se o custo operacional total de R\$ 3.679,36, como pode ser observado na (Tabela 1). Analisando os custos operacionais totais, nota-se que o que foi mais representativo em custos foi o custo variável com representação de 96,76% de todo o custo operacional total.

Tabela 1: Custo de 1 ha de batata-doce no povoado de Saco Torto, Malhador-SE.

INSUMOS					
Descrição	Quant.	Unidade	Valor Unit.	Valor total	%
Ramas	4.000	Unidade	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0,00
Adubo 18.18.18	9	Saco	R\$ 72,00	R\$ 648,00	17,61
Herbicida	4	Litro	R\$ 27,00	R\$ 108,00	2,94

Inseticidas	2	Litro	R\$ 25,00	R\$ 50,00	1,36
Adubação foliar	2	Litro	R\$ 37,00	R\$ 74,00	2,01
A- SUBTOTAL INSUMOS				R\$ 880,00	23,92%
SERVIÇOS					
Preparo do solo	4	h/m	R\$ 120,00	R\$ 480,00	13,05
Plantio	40	h/d	R\$ 50,00	R\$ 2.000,00	54,36
Adubação foliar	2	h/d	R\$ 100,00	R\$ 200,00	5,44
Aplicação de inseticida	2	h/d	R\$ 120,00	R\$ 240,00	6,52
Colheita Manual	40	h/d	R\$ 50,00	R\$ 2.000,00	54,36
Capina química	2	h/d	R\$ 120,00	R\$ 240,00	6,52
B - Subtotal Serviços				R\$ 2.680,00	72,84
C - Custo Operacional Variável (A + B)				R\$ 3.560,00	96,76
Depreciações				R\$ 109,36	2,97
Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,27
D - Custo Operacional Fixo				R\$ 119,36	3,24
E - Custo Operacional Total (C + D)				R\$ 3.679,36	100,00
F - Receita Total				R\$ 23.520,00	
G - Lucro Operacional Total (F - E)				R\$ 19.840,64	
H - Custo Oportunidade				R\$ 2.304,75	
I - Custo Total (E + H)				R\$ 5.984,11	
J - Lucro Total (F - I)				R\$ 17.535,89	

Observações: (h/d) quantidade de homens por dia de trabalho, (h/m) quantidade de horas de serviço de máquinas.

Dentre os custos operacionais variáveis os serviços representam 72,84%, sendo diferente dos valores encontrados por MELO et al., 2009, onde constatou uma representatividade de serviços de 39,26%. Este fato pode estar relacionado com a disponibilidade de material e mão de obra de cada produtor estudado. Dentre os gastos nos serviços, destaca-se os serviços de colheita e plantio, com representatividade de 54,36 % para ambos serviços. Isso provavelmente é devido a quantidade de mão de obra utilizada no processo de colheita dos tubérculos, neste ensaio, o cultivo estudado pode ser classificado com o de baixa tecnologia, desta forma justificando a expressiva utilização de homem/dia. Segundo a Seagri-CE (2005), em um levantamento de custo de produção de batata-doce entre os agricultores, os custos com mão-de-obra, representaram 31,66% do custo de produção, reforçando os dados encontrados no presente trabalho. MONTES et al., (2006), ressalta a importância da cultura da batata-doce para a agricultura familiar, pois como o modo de colheita mais utilizado é o manual, então, tem-se geração de emprego e renda.

Já nos insumos, o que foi mais oneroso foi o adubo químico utilizado na fundação, com representação de 17,61% dos custos com insumos, mostrando uma diferença em relação ao trabalho de MELO et al., 2009, que encontrou representação dos custos com adubo químico de 5,97%, porém, vale ressaltar, que no trabalho analisado, além de adubação química o produtor utiliza adubação a base de torta de mamona, que foi responsável por 35,4% dos custos com insumos. Portanto, explica-se o motivo da menor representatividade em adubo químico no trabalho analisado. MONTES et al., (2006), encontraram representatividade com insumos de 12,39% do COT em seu trabalho com análise econômica de batata-doce no estado de São Paulo, sendo que o produtor estudado não utilizou herbicidas ou inseticidas, principalmente no plantio considerado.

Ao observar o valor correspondente à receita bruta total com os custos totais de produção, se constata que cultivar batata-doce em Saco Torto, Malhador-SE, demonstra resultados econômicos satisfatórios, mesmo levando em conta o custo oportunidade, diferente dos trabalhos utilizados como referência, que não levaram em conta o custo oportunidade (Tabela 2). Vale-se ressaltar que o custo de oportunidade é uma variável econômica importante, pois representa a renda líquida gerada pelo fator de produção em seu melhor uso alternativo, constituindo-se como a melhor alternativa viável para o consumidor ou para o empresário.

Tabela 2: Avaliação econômica do cultivo de 1 hectare de batata-doce no povoado de Saco Torto, Malhador-SE.

PRODUTIVIDADE	RB	CTP	RL	RB/C	PN1	PN2	MS
Kg/ha	R\$	R\$	R\$		Kg/ha		%
16.000	19.960,00	5.594,11	19.840,64	3,93	3.729,41	7.458,81	-0,70

RB: Preço x Quantidade; CTP: soma de todos os custos; RL: receita bruta - custo de produção; RB/C: receita bruta/custo da produção; PN, estimado para venda boa e ruim (R\$ 1,50; R\$ 0,75): custo da produção/valor do kg comercializado; MS: custo total da produção - receita bruta/receita bruta.

No presente trabalho o custo oportunidade é R\$ 2.304,75, sendo este valor a representação do rendimento que haveria se o produtor aplicasse o valor de seu patrimônio no banco a uma taxa de 7%. Este valor é essencial para se estimar a lucratividade da atividade, pois leva em consideração a soma dos custos operacionais totais.

Os resultados, permitiram observar uma relação benefício/custo de 3,92, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido tem-se o retorno de R\$ 3,92. Demonstrando que a cultura da batata doce se apresenta como uma atividade lucrativa e rentável.

O ponto de nivelamento (Tabela 2), confirma o desempenho econômico favorável, mostrando que será necessária uma produtividade de 3.729,41 kg/hectare para pagar todas as despesas do cultivo, com um preço de venda R\$ 1,50, já em momentos de baixa do preço de venda R\$ 0,75 a produtividade necessária deve ser 7.458,81 kg/hectare para que as receitas se igualem aos custos. A produtividade alcançada pelo produtor foi de 16 toneladas/hectare de tubérculos (Tabela 2). Desta forma o produtor tem assegurada o pagamento do investimento independente das oscilações de preço de venda.

A produtividade apresentada no ensaio demonstra-se semelhante a apresentada por MELO et al., (2009), em experimento realizado em Itabaiana – SE, que obteve 17,82 toneladas/hectare. As produtividades total e comercial obtidas no presente estudo estão dentro da média de produção nacional 11,30 toneladas/hectare (IBGE, 2010).

A margem de segurança é um indicador de viabilidade econômica da atividade, a mesma orienta o produtor sobre as possíveis oscilações de preço de venda e produtividade que podem ocorrer, para que o mesmo tenha lucratividade assegurada, neste ensaio a mesma obteve valores de -0,70 (Tabela 2). Mostrando

que para a receita se igualar a despesa, a produtividade ou o preço do produto pode cair até 70%. Isso significa dizer que pode ocorrer uma redução de vendas de 70% que o produtor não haverá prejuízo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O cultivo da batata-doce no povoado de Saco Torto, Malhador-SE, apresentou custo operacional total de R\$ 3.679,36 por hectare, e custo total unitário de R\$ 0,37 kg.

Os serviços representam 72,4% do custo operacional total, decorrentes da mão de obra utilizada na colheita e plantio da batata-doce.

Os indicadores econômicos obtiveram os valores: relação benefício/custo de 3,92; margem de segurança - 0,70 e ponto de nivelamento de 3.729,41 kg/hectare.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AZEVEDO SM; MALUF WR; SILVEIRA MA; FREITAS JA. 2002. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia** v. 26 n.1 p. 545-549.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. I. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 911-914, 2005.

CARDOSO AD; VIANA AES; MATSUMOTO SN; BONFIM NETO H; KHOURI CR; MELO TL. 2007. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia** v. 31 n.1 p. 1760-1765.

CEREDA, M. P. Hidrólise de álcool da mandioca. 2005. Disponível em: [HTTP://www.abam.com.br/revista/rvista10/ceteagro.php](http://www.abam.com.br/revista/rvista10/ceteagro.php). Acesso em: 24 outubro. De 2017

DCI. **Bioex mira exportar álcool de batata-doce em até dois anos**. Disponível em: <http://www.dci.com.br/noticia>. Acesso em: 10 de outubro. 2017.

EMBRAPA. **Sistema de produção batata-doce**. 2008. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/apresentacao.html Acesso em: 30 setembro. 2017.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Cultura da batata-doce – Sistemas de Produção**. Em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/apresentacao.html. Acesso em: 30 setembro. 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/cultivares>. Acesso em: 30 setembro. 2017.

EMBRAPA-CNPH. *Cultivo da batata-doce (Ipomoea batatas (L.) Lam)*. 3. ed. Brasília, DF: 1995. 18 p. (EMBRAPA-CNPH. Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 7).

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R. *Sweet potatoes: production processing marketing*. **Wesport: The Air Publishing Company**, 1971. 58 p.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT. 2010. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> . Acesso em 10 de outubro de 2017

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 2008. 421 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. 524 p.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; GONÇALVES, R. J. DE S.; SILVA, V. DE F.; LASMAR, A. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1513-1520, 2011.

GONÇALVES, R. J. de S.; CARVALHO, R. de C.; GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; LASMAR, A.; GOMES, M. de S. Potencial produtivo de clones de batata-doce oriundos de famílias de meio-irmãos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. S2379-2384, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, v. 36, 2010.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. In: Dowload. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/dowload>. Acesso em 10 de outubro. 2017.

MIRANDA, J. E. C. de; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F. *Batata-doce* (Ipomoea batatas (L.) Lam.). Brasília, DF: EMBRAPA-CNPB, 1987. 14 p. (EMBRAPA-CNPB. Circular Técnica do CNPHortaliças, 3).

MELO, A. S.; COSTA, B. C.; BRITO, M. E. B.; AGUIAR NETTO, A. O.; VIÉGAS, P. R. A. Custo e rentabilidade na produção de batata-doce nos perímetros irrigados de Itabaiana-Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.

MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSITANO, M. A. A. Custos e rentabilidade da batata-doce (Ipomoea batatasL.) na Região Oeste do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 4, p. 15-23, 2006.

OLIVEIRA, M. K. T. de; BEZERRA NETO, F.; CÂMARA, F. A.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O. De. Multiplicação in vitro de batata-doce (Ipomoea batatas Lam.). **Revista Caatinga**, v. 21, n.4, p. 129-134, 2008.

OLIVEIRA NETO, M. A. Comportamento de germoplasma de batata-doce em Sergipe. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudo de caso. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SERGIPE / Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. **Perfis Municipais – Malhador**. Sergipe: SEPLAN/SUPES, 2004. Disponível em: < <http://www.seplan.se.gov.br> > Acesso em: 11 de outubro 2017.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DO CEARÁ (Seagri-CE). Análise de custo da batata-doce no Estado do Ceará. Fortaleza: Seagri-CE, 2005.

SILVEIRA, M. A.; SOUZA, F. R.; ALVIM, T. C.; DIAS, L. E.; SANTANA, W. R.; VITAL, M. K. G. S.; GOUVÊA, G. R. S. R.; COSTA, D. M. A. **Cultura da batata-doce como fonte de matéria prima para produção de etanol**. Tocantins: UFT, 2014. (Boletim técnico). Disponível em: <http://www.sudam.gov.br/conteudo/destaques/arquivos/Etanol/BOLETIM-TECNICO-UFT.pdf> > Acesso em: 30 set. 2017.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. Brasília, DF: Embrapa-CNPQ, 1995. (Instruções técnicas, n.7).

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. L.; **Cultivo Orgânico de Alho, Cenoura, Baroa, Beterraba e Batata-Doce**. CPT. Viçosa, MG. 2001.

VIANA DJS; ANDRADE JUNIOR VC; RIBEIRO GK; PINTO NAVD; NEIVA IP; FIGUEIREDO JA; LEMOS VT; PEDROSA CE; AZEVEDO AM. 2011. Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural** 41: 1466-1471.

CRESCIMENTO DAS FORRAGEIRAS DA ESPÉCIE *PANICUM* SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÕES EM SOLO AMAZÔNICO

Jaiara Almeida de Oliveira^{1,2,4}; Carlos Alexandre Santos Querino^{2,3,4}; Luciano Augusto Souza Rohleder^{2,4}; Marcos André Braz Vaz^{2,3,4}; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino^{2,3,4}
Autor para correspondência: jaiara_almeida@hotmail.com

¹Discente de Graduação no Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM, Humaitá, Amazonas;

²Professores do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Humaitá, Amazonas; ³Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Humaitá, Amazonas; ⁴Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia - GPIBA

RESUMO

O conhecimento de níveis de fósforo na fertilidade do solo é fundamental para aprimorar o rendimento e a qualidade no plantio de forragem. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de três cultivares do gênero *Panicum maximum* em diferentes doses de adubação fosfatada. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Mangabeiras do IEAA/UFAM, localizada na cidade de Humaitá – Amazonas. A área total experimental foi de 128m² e foi separada em 3 stands de 32m² cada um. Os stands foram subdivididos em quatro parcelas/quadrantes de 2 x 4m² totalizando 12 quadrantes. Posteriormente, diferentes doses de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150 kg P₂O₅ há⁻¹) foram aplicadas. As sementes foram distribuídas, nos doze quadrantes, em treze linhas retas com distância de 25 cm entre linhas e, posteriormente semeadas com 1 cm de profundidade. As medidas foram tabuladas e depois processadas com o software R na plataforma RStudio. O crescimento e desenvolvimento das três cultivares apresentaram diferenças quando comparadas as diferentes doses de adubação. As cvs MG-12 Paredão, Mombaça e Atlas apresentaram médias gerais em altura de 64,69528 cm, 61,06083 cm, 59,47417 cm, respectivamente. Os três cultivares apresentaram diferenças significativas e o que melhor respondeu às dosagens de P₂O₅ foi a cv MG-12 Paredão. O número de perfilho por amostras teve melhor resposta às dosagens na cv Atlas, com média geral de 102 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia; Cultivares; Fósforo

***PANICUM* FODDER GROWTH UNDER DIFFERENT DOSAGES OF FERTILIZATION IN AMAZONIAN SOILS**

ABSTRACT

The knowledge of the Phosphorus levels in the soil fertility is important to improve the return and the quality in the fodder plantation. Thus, the main aim of this paper was to evaluate the growth of three cultivars *Panicum maximum* genus in different phosphatized dosages of fertilization. The experiment was carried out at the Mangabeiras Experimental Farm belonged to IEAA/UFAM, located in the Humaitá city, Amazonas. The entire experimental area had 128m² and was divided in 3 stands with 32 m² each one. The stands have been subdivided in four plots with 2 x 4m² totalizing 12 plots. Afterward, different dosages of phosphatized fertilization (0, 50, 100 e 150 kg P₂O₅ há⁻¹) was applied. The seeds were distributed, in the twelve plots, in thirteen straight lines distant 25 cm to each other and, later sown into 1 cm deep. The measures were tabulated and processed by using the R software and the platform RStudio. The growth and the development of the 3 cultivars have presented difference when compared the different dosages of fertilization. The cvs MG-12 Paredão, Mombasa and Atlas have shown average height of 64,69 cm, 61,06 cm, 59,47 cm, respectively. The 3 have presented significant difference and the better response to the P₂O₅

dosages was observed to the cv MG-12 Paredão. The cv Atlas tiller, had better response to the dosages, with average of 102 kg ha⁻¹.

KEY-WORDS: Amazonia; Cultivars; Phosphorus

INTRODUÇÃO

A Amazônia é caracterizada por ser uma região diversificada, heterogênea e de alta complexidade (VERÍSSIMO, 1985). Os solos da Amazônia possuem limites referente à sua fertilidade, sendo elas a deficiência em N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, e Zn, altos níveis de acidez, baixa capacidade de troca catiônica e boa fixação de P no solo como fertilizante o que mais se destaca (SANCHEZ et al., 1980).

O desenvolvimento agrícola possui fatores geográficos específicos, como por exemplo, as diferenças climáticas entre as regiões além da qualidade do solo (FREITAS, 2011). Os solos predominantes na região Amazônica pertencem à classe dos Latossolos e Argissolos, e são caracterizados por seu alto grau de intemperismo, com características físicas adequadas ao uso agrícola, no entanto, com fortes limitações nutricionais (LIMA et al., 2006). A maior parte dos solos agricultáveis desta região é de reação ácida, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e baixa disponibilidade de Fósforo (P), Nitrogênio e Potássio (CUNHA et al., 2007).

O acúmulo e manutenção de níveis críticos de fósforo na fertilidade do solo continuam a ser um ponto fundamental dos sistemas de recomendação de fertilizantes para aprimorar o rendimento e a qualidade das culturas em todo o mundo, como por exemplo, no plantio de forragem (SYERS et al., 2008). Assim, o uso da adubação fosfatada se torna de suma importância por agir diretamente no aumento da fertilidade através de incremento de nutrientes e, conseqüentemente, melhor produção de cultivares, como por exemplo, a forragem. As forragens necessitam de um solo com boa fertilidade para desenvolver e oferecer um bom valor nutritivo e, para isso, na região amazônica é necessário a correção da acidez do solo com o uso de Calcário e adubações corretivas a base de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

Quando feita corretamente, a calagem eleva o pH do solo, fornece os nutrientes Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), aumenta a disponibilidade de P e de matéria orgânica, neutraliza o Alumínio (Al) e reduz a disponibilidade de Manganês (Mn) e de Ferro (Fe), que em excesso, se tornam tóxicos para as plantas (DA CRUZ, 1994). O Nitrogênio (N) é o nutriente mais influente para a produção de massa seca em pastagens já estabelecidas (MONTEIRO, 1995). O Fósforo (P) é um elemento responsável por aumentar a fertilidade natural do solo e facilitar adubações necessárias para o plantio, sendo ele, depois do N, o nutriente essencial mais limitante para a produção agrícola nos solos tropicais, sendo considerado importante para compor a fertilidade do solo, visto que os solos tropicais demonstram alta aptidão de adsorção e fixação de P e disponibilidade natural baixa (HOLFORD, 1997). As considerações sobre a importância do P indicam que a aplicação da adubação fosfatada é fundamental para a plantação e manejo de forragens, buscando parâmetros mais exatos para fins de recomendações eficazes economicamente para a pecuária (SANTOS, 2002). Segundo De Mattos & Monteiro (1998), o Potássio (K) é fundamental para o metabolismo vegetal, atuando na fotossíntese e na translocação dos carboidratos e funciona como ativador enzimático. A relação desses nutrientes em diferentes tipos de solo e clima podem influenciar à sua fertilidade natural do solo e, conseqüentemente, a produção de forragem do gênero *Panicum* (DE QUADROS, 2002).

As espécies do gênero *Panicum maximum* são caracterizadas por demonstrarem elevada tolerância à falha hídrica e absorção de nutrientes nas camadas profundas do solo. Isso ocorre por possuírem um forte e profundo sistema radicular, que possibilita desenvolver-se em condições desfavoráveis para o cultivo de outras espécies de forragem (BARDUCCI, 2009). Ainda segundo o mesmo autor, as variedades do gênero *Panicum* não toleram solos encharcados, pois não apresentam tolerância a excesso de água para seu desenvolvimento. Na região Sul do Amazonas as cultivares mais comum utilizadas para a produção de forragens são do gênero *Brachiaria Brizantha*, de acordo com isso, se faz necessário a viabilidade da produção de cultivares do gênero *Panicum maximum* nesta região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar o desenvolvimento de três cultivares da espécie forrageira *Panicum maximum* em diferentes doses de adubações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental (FEX) Mangabeira (7° 31' 47,68" S, 63° 3' 13,017" W e 69 m) pertencente ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Humaitá/AM (Figura 1), com o solo classificado em Cambissolo Háplico (DO NASCIMENTO, 2018). A FEX é localizada ao lado direito da Br 230 - Transamazônica no Km 4, sentido Humaitá/Lábrea. O clima da região é Tropical Chuvoso, com um pequeno período seco, com precipitação média anual de 2193,6 mm (INMET, 2009). O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a março e o período seco ocorre de junho a agosto, o restante dos meses são considerados como período de transição (VIDOTTO et al., 2007).

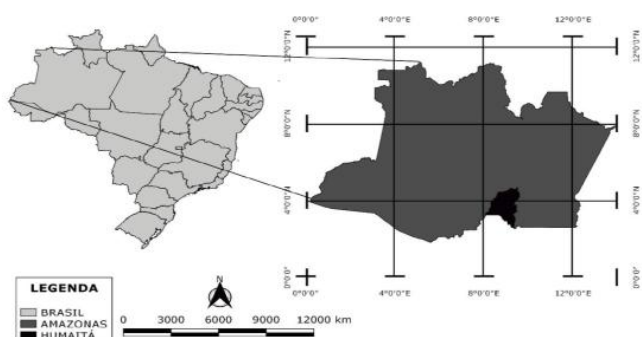


Figura 1 – Localização do município de Humaitá/AM, onde encontra-se localizada a Fazenda Experimental Mangabeira, local onde foi implementada a área experimental de estudo da sp. *Panicum maximum* e suas cultivares.

Fonte: Pedreira Junior et al. (2018).

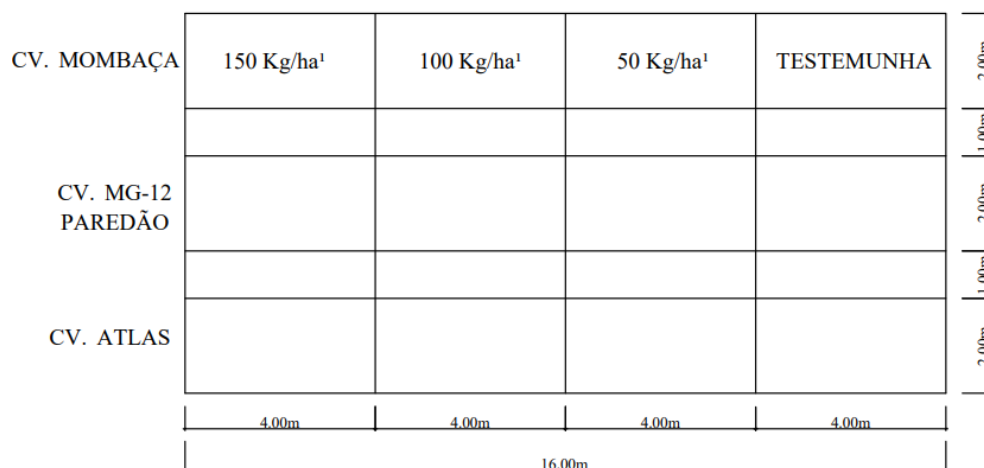
Descrição do Experimento

O experimento foi realizado em uma área total de 128m² dividido em 3 stands de 32m² para cada cultivar. Os stands foram subdivididos em quatro parcelas/quadrantes de 2 x 4m² (Figura 2). Após o delineamento das áreas, solo foi corrigido com medidas equivalente a aplicação de 2,5 toneladas de calcário por hectare, ou 32 kg em toda área do experimento. O calcário foi aplicado 90 dias antes do plantio para neutralizar a acidez e disponibilizar nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das cultivares. O delineamento utilizado foi fatorial, a partir das três cultivares, onde quinze dias após a germinação, foram aplicados, a lanço, quatro tratamentos de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹) no solo. Após 90 dias da aplicação do calcário, foram aplicados em cada stand, a lanço, 1 kg ha⁻¹ dos fertilizantes NPK 20-5-25 compostos por três macronutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio).

Após o preparo da área, foi utilizado o equivalente a 7kg de sementes por hectare, de três cultivares da espécie forrageira *Panicum maximum*, cv Atlas; cv MG-12 Paredão; cv Mombaça. Ressalta-se que as sementes das cultivares são incrustadas, proveniente de uma tecnologia de sementes de hortaliças e de tabaco que foram transferidas para gramíneas forrageiras (SILVEIRA, 2017). As sementes foram distribuídas, em cada parcela, em treze linhas retas com distância de 25 cm entre linhas com 1 cm de profundidade. Após a germinação foram escolhidas, aleatoriamente, quinze amostras por tratamento, que foram mensuradas a cada dois dias totalizando seis dias de coletas para avaliação do crescimento e a quantidade de perfilhamento por amostra.

Tratamento dos Dados

Os dados foram coletados entre março e abril de 2019, as medidas foram realizadas, diariamente, em quinze amostras por stands anotadas em tabelas impressas. Todos os dados foram repassados para tabelas digitais no software Excel e organizados no software bloco de notas para que os dados fossem rodados no software RStudio. Os resultados foram obtidos através das análises estatísticas do Teste de Tukey, Modelo Linear e Quadrático referenciado pela Equipe do RStudio (2015).



1 PLANTA DA ÁREA DO EXPERIMENTO
ESCALA: 1/50

Figura 2 – Ilustração das divisões das sub-parcelas na área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise climática

A precipitação apresentou-se de maneira anômala durante o período do experimento. Para esse período, de acordo com a Normal Climatológica do INMET, espera-se que o total acumulado de precipitação se de 1341,6 mm. Contudo foram registrados 1583,8 mm, um aumento de 242,2 mm. No mês de novembro houve uma diferença de 5% entre a precipitação mensurada e a normal climatológica. De acordo com os totais pluviométricos mensais, os meses de dezembro e janeiro, em média, apresentaram anomalia positiva de precipitação de aproximadamente 48%. A partir de fevereiro houve uma tendência de redução no volume de precipitação, mas ainda apresentou chuvas acima das médias. O mês mais atípico foi o de março, que registrou anomalia negativa de precipitação em relação a normal climatológica (Figura 2; Tabela 1).

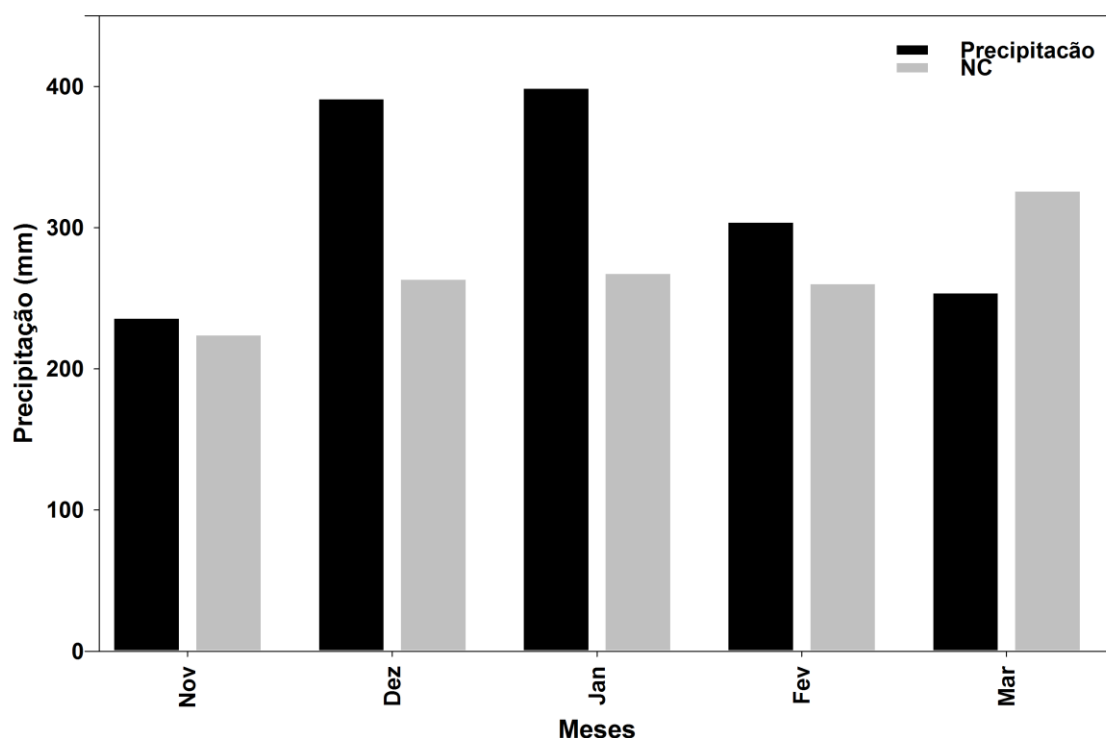


Figura 2 – Total pluviométrico mensal no período de novembro de 2018 a março de 2019 e normal climatológica, para o mesmo período, no município de Humaitá/AM.

Tabela 1 – Total Pluviométrico mensal, Normal Climatológica (NC), Anomalia de Precipitação (mm) e Anomalia de Precipitação (%) no período de novembro de 2018 a março de 2019 no município de Humaitá/AM.

Meses	Precipitação (mm)	NC (mm)	Anomalia (mm)	Anomalia (%)
Novembro	236	224,2	11,8	5,26
Dezembro	391,2	263,4	127,8	48,51
Janeiro	398,8	267,7	131,1	48,97
Fevereiro	304	260,3	43,7	16,78
Março	253,8	326	-72,2	-22,14
TOTAL	1583,8	1341,6	242,2	-

Os meses do experimento, desde a correção do solo até a época das medidas encontram-se no período chuvoso da região. O mês com maior quantidade de precipitação deveria ser o mês de março. Contudo, foi observado uma anomalia negativa de precipitação durante o referido mês. O regime pluviométrico na mesorregião sul do Amazonas é governado principalmente pela atuação de sistemas meteorológicos que provocam ou inibem a formação de chuvas. Durante os meses compreendido neste estudo, devem atuar fenômenos como a Alta da Bolívia, Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Linhas de Instabilidade e eventualmente Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018; DOS SANTOS et al., 2019).

De acordo com o Boletim Climatológico do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) as anomalias positivas de precipitação na região ocorreram devido ao posicionamento mais ao Sul da ZCIT

(SIPAM, 2019a). Este posicionamento favorece o aporte de umidade oriunda do atlântico norte reforçando a formação de nuvens e consequentemente de precipitação. A anomalia negativa para o mês de março deve-se a atuação do fenômeno El Niño (SIPAM, 2019b). O El Niño provoca alteração na circulação geral da atmosfera, reforça os movimentos subsidentes sobre a região Norte e Nordeste do Brasil e, consequentemente, inibe a formação de nuvens e chuvas (SOUZA et al., 2018)

Análise das cultivares

Os resultados foram significativos de acordo com as médias gerais encontradas, indicando que os dados são verdadeiros e que não houve discrepância dos mesmos. Notou-se que o melhor desempenho em crescimento de altura foi apresentado pela cultivar MG-12 Paredão, que de acordo com os resultados gerados pelas análises estatísticas no Teste de Tukey (Tabela 2), demonstrou melhor resposta às diferentes doses de adubação (0, 50, 100 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹) quando comparada com a média geral de crescimento em altura da cv Mombaça e cv Atlas. Segundo Santos (2002) a adubação fosfatada exerce relevante crescimento no sistema radicular e no perfilhamento, tornando-se fundamental uma maior produção de gramíneas forrageiras. Os resultados mostram que a cv MG-12 Paredão, cuja suas características físicas apresentaram folhas compridas e largas com coloração verde escura, que sua exigência nutricional se adaptou melhor as dosagens de adubação fosfatada, proporcionando melhor desenvolvimento em altura e alta produção de forragem.

Tabela 2: Médias em centímetros de altura geral em F1-Teste de Tukey

Grupo	Cultivar	Média (cm)
a	MG-12 Paredão	64,69
ab	Mombaça	61,06
b	Atlas	59,47

A cultivar MG-12 Paredão (Tabela 2) apresentou melhor desenvolvimento em média geral de altura sendo classificado no grupo “a”, diferindo da cultivar Atlas classificada no grupo “b”. A cultivar Mombaça ficou classificada no grupo “ab” por estar em faixas de médias tanto no grupo “a” quanto no grupo “b”, ou seja, estatisticamente, apresentaram médias iguais dentro dos parâmetros “a” e “b”.

As médias gerais de altura (Tabela 3), em diferentes doses de adubação, são estatisticamente iguais para o grupo “a” nos tratamentos das doses 150-100, diferindo dos grupos “b” e “c” que apresentaram médias inferiores. Com isso, economicamente, o tratamento com dose 100 é mais viável para produção de forrageiras do gênero *Panicum maximum*, onde o custo se torna menor e a produção tem o mesmo desempenho quando comparada ao tratamento de dose 150.

Tabela 3: Médias gerais de altura em centímetros F2- Teste de Tukey

Grupo	Tratamento (doses kg.ha ⁻¹)	Média (cm)
a	150	76,77
a	100	75,11
b	50	68,22
c	0	26,85

Ponto Máximo de Regressão

O teste Tukey apontou as dosagens de 100 e 150 foram as melhores doses e a regressão afirma que a melhor dose é 113,6 kg P₂O₅ ha⁻¹ (Figura 3a) dada pela equação $y = -0,9088x + 0,008$ de acordo com as médias, independente da espécie, por não ter ocorrido interação, tornando essa dose máxima para a altura recomendada para as três cultivares (Atlas, MG-2 Paredão e Mombaça).

A diferença no número de perfilhos da cv Mombaça não é significativo, logo, não houve regressão. A melhor média geral por dose foi observada para cv Atlas é 102 kg ha⁻¹ (Figura 3b) dada pela equação $y = -0,0408x + 0,0002$ e para a cv MG-12 Paredão 124,5 kg ha⁻¹ (Figura 3c) dada pela equação $y = -0,0249x + 0,0001$ de adubação fosfatada. Ainda segundo Santos (2002) sobre a adubação fosfatada desempenhar um papel fundamental para o perfilhamento de forragem, Vilela (2008) afirma que a principal característica da cv Atlas é seu alto potencial em quantidade de perfilhos, além de sua boa resistência a pisoteio animal e tolerância média de Alumínio no solo, a cultivar Atlas é uma gramínea híbrida sem mistura gerada por meio do cruzamento LST1 x K-68, de ciclo perene, com plantas com altura de 1,5 a 2,0 metros a, com excelente perfilhamento e boa produção de forragem, que apresenta boa qualidade nutricional. Suas folhas possuem baixa pilosidade e não contêm serosidade.

A análise de regressão para as dosagens, em que, no modelo linear e quadrático, deu significativo. A vantagem da regressão é indicar qual a dose máxima deve ser usada de acordo com as médias das alturas e número de perfilhos.

O número de perfilhos deu significativo entre as espécies, houve diferença entre as doses e deu interação, significando que se desdobrou um dentro do outro. Foi feito primeiro a análise do F1 dentro do F2, no nível zero (sem adubo) não houve diferença, ou seja, na ausência de adubação as três cultivares tem a mesma quantidade de perfilhamento. A partir da aplicação da dose 50, a quantidade de perfilhos modifica e aponta que a cv Atlas desenvolve bem mais o número de perfilho quando comparada à cv MG-12 Paredão e cv Mombaça, por isso há interação. Nas doses 100 e 150, ocorreu o mesmo desenvolvimento no número de perfilhos, a cv Atlas se desenvolveu mais comparados cvs MG-12 Paredão e Mombaça. Houve interação entre a dose zero e a partir da dose 50, decorrente da falta de adubo na dose zero, ou seja, quando há adubação a cv Atlas se desenvolve mais em comparação com as outras cultivares com doses de 50, 100, 150 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Na adubação desdobrada dentro de cada cultivar, F2 em F1, obteve-se o pior desenvolvimento de perfilhos para a cv Atlas na dose zero e um melhor desenvolvimento nas doses de 50, 100 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹. A cv MG-12 Paredão teve o mesmo comportamento da cv Atlas com as mesmas dosagens de adubação, já a cv Mombaça não apresentou diferença na quantidade de perfilhos, demonstrando que o número de perfilhos não é influenciado pelas doses de adubação. O número de perfilhos por cultivar apresentou diferenças a partir da dose 50, em que a cultivar Atlas apresentou melhor desenvolvimento e maior quantidade de perfilhamento comparada às cvs MG-12 Paredão e Mombaça.

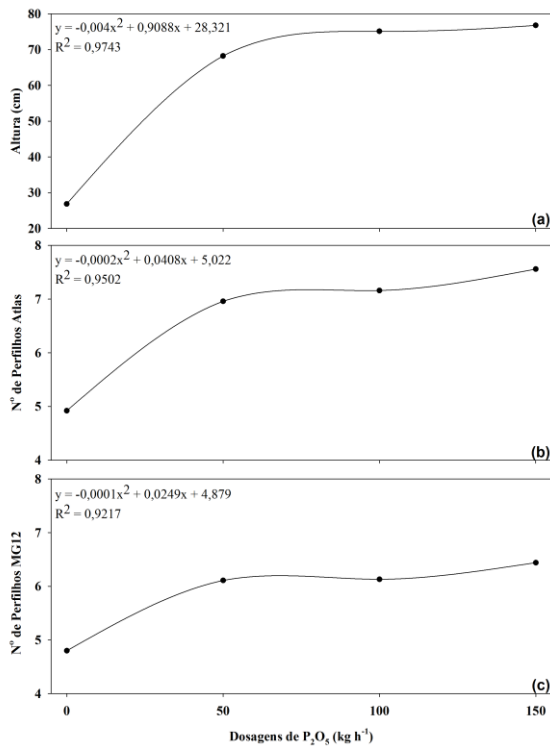


Figura 3 - Ponto máximo de regressão para: média geral de altura (a); média da cv Atlas de número de perfilhos (b); média da cv MG-12 Paredão de número de perfilhos (c).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O desenvolvimento das espécies forrageiras avaliadas apresentou diferenças sob as diferentes doses de adubação fosfatada. As dosagens de 100 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹ foram as melhores para o crescimento das três cultivares e de acordo com os dados estatísticos a dose ideal 113,6 kg P₂O₅ ha⁻¹ é economicamente viável para as três cultivares.

Sugere-se que estudos futuros sejam realizados correlacionando o crescimento das espécies forrageiras com o balanço hídrico em período seco e chuvoso.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazônica*, v. 37, p. 91-98, 2007.

BARDUCCI, R. S. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. *Archivos de zootecnia*, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

DA CRUZ, Mara Cistina Pessoa; FERREIRA, Manoel Evaristo; LUCHETA, Sandra. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, n. 8, p. 1303-1312, 1994.

DE MATOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Respostas de braquiária *brizantha* a doses de potássio. *Sci. Agric.*, v.55, n.3, 1998.

DE QUADROS, Danilo Gusmão et al. Componentes da Produção de Forragem em Pastagens dos Capins Tanzânia e Mombaça Adubadas com Quatro Doses de NPK1. *R. Bras. Zootec*, v. 31, n. 3, p. 1333-1342, 2002.

DO NASCIMENTO, Klisman de Almeida et al. Uso de Diferentes Tipos de Biofertilizantes na Produção Jambu (*Acmella oleracea*) na Região de Humaitá-AM, 2018.

FREITAS, Rogério Edivaldo; MENDONÇA, Marco Aurélio Alves de; LOPES, Geovane de Oliveira. Expansão de área agrícola nas mesorregiões brasileiras. *Revista de Política Agrícola*, v. 20, n. 1, p. 100-116, 2011.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.*, 35:227-239, 1997.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p. 2009.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 59-68, 2006.

MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.219-244. 1995.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K.A.S.QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá – Am. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 463-475, 2018.

RStudio: Desenvolvimento Integrado para R. RStudio, Inc., Boston, MA, 2015. Disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>. Acesso 29 maio 2019.

SANCHEZ, P.A.; COCHRANE, T.T. Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America. International Rice Research Institute, Los Banos. p.106-139. 1980.

SANTOS, L. O. F. D.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. D. S.; JUNIOR, P., LOPES, A.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Validation of rainfall data estimated by GPM satellite on Southern Amazon region. **Revista Ambiente & Água**, v.14, n.1, p. 1 – 9, 2019.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ V, V. H.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, 2002.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). Boletim Climático da Amazônia. Ano 15, N. 173, março, 2019a.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). Boletim Climático da Amazônia. Ano 15, N. 174, abril, 2019a.

SILVEIRA, R. Semente incrustada melhora formação do pasto e reduz custo. 2017. Disponível em: <<https://canalrural.uol.com.br/noticias/sementeincrustada-melhora-formacao-pasto-reduz-custo-69444/>>. Acesso 18 abril 2019.

SOUSA, S. A. S. S.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J.K.S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; DOS SANTOS, L. O. F. Impactos do El Niño na Precipitação em Humaitá – AM. In. Anais do V Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, v. 5. Manaus: EDUA. 2018.

SYERS, J. K; JOHNSTON, A.E; CURTIN, D. Eficiência do Uso de Solo e Fertilizante de Fósforo. Boletim FAO sobre Fertilizantes e Nutrição de Plantas FAO, Roma, p. 18. 2008.

VERÍSSIMO, José. **A pesca na Amazônia**. Livraria classica de Alves, 1895.

VIDOTTO, E.; PESSEDA, L. C. R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H. A.; BENDASSOLLI, J. A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. *ACTA Amazônica*, v. 37, p. 385–400, 2007.

VILELA, H. Série Gramíneas Tropicais-Gênero Panicum (Panicum maximum–Mombaça-Capim). 2008.

PRODUTIVIDADE DE ALGODÃO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

Polianna Alves Silva Dias¹; Josilene Alves dos Reis¹; Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso²; Larissa Barbosa de Sousa²; Cynthia Pereira Gundim³

Autor para correspondência: poliannaasdias@gmail.com

¹Faculdade Una Catalão; ²Universidade Federal de Uberlândia; ³Cia da Terra

RESUMO

Para permitir a expressão do potencial de genótipos de algodão, a semeadura deve ocorrer na época em que as condições climáticas proporcionem o melhor desenvolvimento das plantas. O estudo teve como objetivo avaliar a melhor época de semeadura para o ambiente de Uberlândia-MG, visando a produtividade de algodão em caroço e rendimento de pluma. O experimento foi conduzido em campo, na safra 2016/2017. Utilizou-se delineamento experimental de blocos completos casualizados com três repetições em esquema fatorial 4x7, constituíram-se de quatro épocas de semeadura: 05/12, 19/12, 30/12, 13/01 e sete genótipos, sendo cinco linhagens e duas cultivares comerciais. As características avaliadas foram: produtividade do algodão em caroço e rendimento de pluma. Concluiu-se que a semeadura realizada na primeira quinzena de dezembro resultam em maior produtividade de algodoeiro, com destaque ao genótipo UFUJP-Z.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum*; variação climática; rendimento

COTTON YIELD IN DIFFERENT SEASON SOWING

ABSTRACT

To allow the expression of the potential of cotton genotypes, the sowing should occur at a time when climatic conditions provide the best development of the plants. The aim of this study was to evaluate the best sowing season for the environment of Uberlândia-MG, aiming at cotton seed yield and feather yield. The experiment was conducted in the field, in the 2016/2017 harvest. A randomized complete block design with three replicates in a 4x7 factorial scheme was used: four sowing seasons (05/12, 19/12, 30/12, 13/01) and seven genotypes (five lines and two commercial cultivars). The traits evaluated were: seed cotton yield and feather yield. It was concluded that sowing in the first half of December resulted in higher yields of cotton, with emphasis on genotype UFUJP-Z.

KEY-WORDS: *Gossypium hirsutum*; climatic variation; yield

INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) apresenta grande importância socioeconômica mundial, visto a sua influência em diversos setores da sociedade, além da ampla utilização de seus subprodutos (CHITARRA, 2014). No Brasil a cultura é de grande importância na balança comercial agrícola. O algodoeiro é cultivado em todas as regiões do país, com destaque para o bioma Cerrado, onde tem obtido sucesso devido às condições climáticas favoráveis, topografia e a intensiva adoção de tecnologias modernas.

A correta época deve propiciar maiores produtividades, de forma a evitar possíveis fenômenos climáticos adversos, como secas, baixas temperaturas e chuvas na colheita (SILVA et al., 2018). Em Minas Gerais, o

algodão é tradicionalmente semeado nos meses de novembro a dezembro e colhido entre os meses de junho e julho, período que encontra temperaturas oscilando de 20°C a 30° C no verão e precipitações que variam entre 700 a 1500 mm, ideais para completar ciclo do algodoeiro (BELTRÃO et al., 2015).

As alterações no ambiente modificam a expressão dos genótipos. Especialmente, quando se trabalha com características governadas por muitos genes, tais como rendimento e componentes de produção, os quais compõem as principais exigências do mercado e foco dos programas de melhoramento (GUL et al., 2016).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a melhor época de semeadura de diferentes genótipos de algodão na região de Uberlândia-MG, visando a produtividade de algodão em caroço e rendimento de pluma.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo no município de Uberlândia, Minas Gerais. Para o experimento foi adotado o delineamento de blocos completos casualizados com três repetições. A parcela experimental foi composta de três linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 1 metro e com densidade de oito plantas por metro linear. Foi considerada como área útil a linha central, desprezando 0,50 m de cada extremidade.

O esquema adotado foi o fatorial 4 x 7, o que correspondeu, respectivamente, às quatro datas de semeadura e sete genótipos. Dentre os sete genótipos de algodoeiro avaliados, foram cinco linhagens do Programa de melhoramento genético do algodoeiro da Universidade Federal de Uberlândia (UFUJP-A, UFUJP-C, UFUJP-P, UFUJP-S e UFUJP-Z) e duas cultivares (DP 555 e FM 966), em quatro épocas de semeadura 05/12/16, 19/12/16, 30/12/16, 13/01/17. As datas de semeadura foram escolhidas com base na janela de semeadura adequada à cultura no município de Uberlândia.

As condições meteorológicas de temperatura e precipitação pluviométrica que ocorreram durante a condução do experimento foram coletadas via estação meteorológica automática e as médias de temperaturas máxima e mínima, a soma das precipitações e o acúmulo térmico (graus-dia) em cada época de semeadura foram calculadas (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de temperatura máxima e mínima, soma da precipitação de cada época de semeadura e graus-dia acumulados no ciclo dos algodoeiros. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2016/2017.

Época de Semeadura	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Σ Chuva (mm)	Graus-dia
1 (05/12/16)	28,70	18,36	956,1	1932,6
2 (19/12/16)	28,55	17,98	764,4	1677,6
3 (30/12/16)	28,26	17,60	701,4	1616,4
4 (13/01/17)	27,77	17,04	679,7	1521,9

As plantas infestantes foram controladas e foram feitas aplicações com produtos fitossanitários, visando o manejo integrado de pragas. Ademais, durante todo o ciclo da cultura, foram feitas aplicações sequenciais com o regulador de crescimento cloreto de mepiquat. As aplicações do regulador foram efetuadas quando o comprimento médio do internódio, obtido pela razão entre a altura da planta e número de nós da haste principal, ultrapassaram 3 cm.

Os caracteres avaliados foram produtividade de algodão em caroço e rendimento de pluma. A produtividade de algodão em caroço é determinada pela coleta e pesagem de todos os capulhos abertos da área útil de cada parcela (em kg ha⁻¹). O rendimento de pluma, por sua vez, foi determinado obtendo-se a razão entre a massa de pluma e de algodão em caroço de cada parcela útil.

Os dados foram submetidos à análise variância (Teste F) e quando detectadas diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ambos a 0,05 de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de épocas e a interação entre os genótipos e épocas de semeaduras (GxA) para a produtividade de algodão em caroço foram significativas, evidenciando que as diferentes épocas de semeadura interferem na produtividade dos genótipos. Para rendimento de pluma foram significativos os efeitos de época e de genótipos.

As médias de produtividade de algodão em caroço e rendimento de pluma estão apresentados na Tabela 2. De modo geral, os genótipos apresentaram alto desempenho para produtividade do algodão em caroço quando semeados na época 1 (05/12/16). Isto ocorreu, provavelmente, devido à ocorrência de temperaturas máxima e mínima dentro do ideal à cultura, aliadas a precipitação acumulada acima do exigido (Figura 1). Além disso, A cultura do algodoeiro é extremamente influenciada pelo acúmulo de graus-dias para completar seu ciclo (ECHER, 2014) e o maior acúmulo de graus dias foi registrado para a época 1 (05/12/16) (Tabela 1 e Figura 1), o que explica a maior produtividade nesta época e a redução nas demais. De modo geral, verifica-se que quanto mais tardio o plantio do algodoeiro, menores as produtividades obtidas pelos genótipos, o que corrobora com outros estudos (Carvalho et al., 2011; Ferreira et al., 2015).

Tabela 2. Médias de produtividade de algodão em caroço (PROD) e rendimento de pluma (RD) de genótipos de algodoeiro em função de épocas de semeadura.

Genótipo	Época de semeadura							
	05/12/16		19/12/16		30/12/16		13/01/17	
	PROD	RD	PROD	RD	PROD	RD	PROD	RD
DP-555	2.673 Aa	39,6 Aa	1.329Ba	36,7Ba	1.426 Ba	39,3Aa	737Ba	40,8Aa
FM-966	1.801 Ab	36,8 Ba	1.216Aa	35,8Ba	1.238Aa	38,4Aa	605Ba	39,0Ab
UFUJP-A	2.372 Aa	37,4 Ba	1.331Ba	35,4Ba	1.436Ba	37,9Ba	616Ca	40,8Aa
UFUJP-C	2.531Aa	37,3 Aa	1.349Ba	35,1Aa	1.225Ba	36,7Aa	662Ba	38,1Ab
UFUJP-P	2.934 Aa	36,3 Aa	1.408Ba	35,1Aa	1.547Ba	37,2Aa	684Ca	36,8Ab
UFUJP-S	1.250 Aa	36,3 Aa	1.408Aa	34,7Aa	1.385Aa	36,3Aa	723Ba	37,9Ab
UFUJP-Z	3.117 Aa	37,6 Aa	1.408Ba	35,7Aa	1.372Ba	38,2Aa	644Ca	38,4Ab
Média	2.383	37,3	1.350	35,5	1.375	37,7	667	38,8

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, pertencem a grupos distintos, pelo teste de Scott-Knott ($\alpha=5\%$).

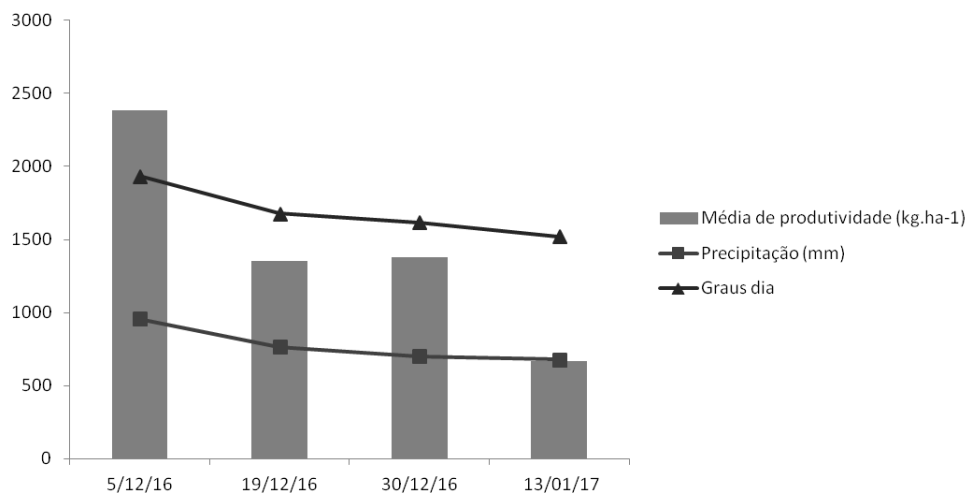


Figura 1. Relação entre a média de produtividade de algodão em caroço em cada uma das quatro épocas de semeadura com a precipitação média e os graus-dia do período.

Dentre os genótipos, a média geral de produtividade de algodão em caroço foi de 1.447 kg ha⁻¹, destacando-se o genótipo UFUJP-Z com 3.116 kg ha⁻¹. O genótipo UFUJP-S merece destaque em condições adversas (época 19/12/16), pois obteve bom desempenho, apresentando produtividade 30,6% superior em relação a média obtida na época que propiciou maior produtividade (época 05/12), podendo-se inferir que o genótipo é promissor para essas condições abióticas desfavoráveis.

Para rendimento de pluma, observou-se que apenas a cultivar DP-555 e o genótipo UFUJP-A variaram em relação às épocas de semeadura, porém segundo Mahmood-UI-Hassan et al. (2003), as épocas de semeadura influenciam diretamente no rendimento de pluma do algodão, pois interferem no peso das maçãs e na formação de maçãs por planta (Tabela 2).

As características rendimento de pluma e produtividade estão relacionadas. Estas são características quantitativas, governadas por muitos genes, e assim, muito influenciadas por fatores ambientais. Observa-se que o genótipo DP 555 apresentou uma produtividade abaixo da média dos melhores genótipos, contudo compensou a menor produtividade com alto rendimento de pluma. Por outro lado, os genótipos UFUJP-P e UFUJP-Z, apresentaram alta produtividade, mas em contrapartida, não expressaram altos valores de rendimento de pluma.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os genótipos apresentaram desempenhos variados quanto à produtividade de algodão em caroço nas diferentes épocas de semeadura. Semeaduras realizadas na primeira quinzena de dezembro resultaram em maior produtividade, com destaque ao genótipo UFUJP-Z. O genótipo UFUJP-S demonstrou ser mais adaptado à segunda quinzena de dezembro, mesmo em condições adversas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Programa de Melhoramento Genético de Algodoeiro (PROMALG); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e à Associação Mineira de Produtores de Algodoeiro (AMIPA).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; VALE, L. S.; FREIRE, E. C. Zoneamento agroclimático do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Gráfica e Editora Positiva, 2015, cap.2, p. 39-63.

CARVALHO, L. H.; SILVA, N. M., KONDO, J. I., CIA, E., CHIAVEGATTO, E., CARVALHO, H. D. R. Estudo de época de plantio do algodoeiro adensado na região de Campinas-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8º COTTON EXPO, 2011, São Paulo. **Embrapa Algodão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

CHITARRA, L.G. Identificação e controle das principais doenças do algodoeiro. **Embrapa Algodão**. Cartilha 2. Campina Grande: Embrapa Algodão, ed.3, 2014.

ECHER, F. R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Embrapa Agropecuária Oeste-Outras publicações científicas (ALICE), 2014.

FERREIRA, A. C. B.; BORIN, A. L. D. C.; BRITO, G. G.; SILVA FILHO, J. L.; BOGIANI, J. C. Épocas de semeadura, cultivares e densidades de plantas para algodão adensado em segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 45, n. 4, p. 397-405, 2015.

GUL, S.; KHAN, N.U.; GUL, R.; BALOCH, M.; LATIF, A.; KHAN, I.A. Genotype by environment and phenotypic adaptability studies for yield and fiber variables in upland cotton. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, Islamabad, Paquistão. v. 26, n. 3, p 776-786, 2016.

MAHMOOD-UL-HASSAN, M. N.; MUHAMMAD ZAFFARIQBAL, T. M.; MUHAMMAD, I.; SAGHIR, A. Effect of different sowing dates on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Sciences**. p. 461-463, 2003.

SILVA, F. A. M. et al. Zoneamento pedoclimático para a semeadura simultânea do milho e da braquiária no estado de Goiás. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2018.

CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE BOVINOS LEITEIROS EM BARREIRAS-BA

Weverson Lustoza Almeida¹; Leticia da Silva Menezes¹; Marcos Antonio Vanderlei Silva¹; Charles Cardoso Santana²; Silas Alves Souza³

Autor para correspondência: weversonlustoza@gmail.com

¹Universidade do Estado da Bahia - Campus IV - Barreiras-BA; ²Universidade de Brasília - DF; ³Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

O estudo objetivou avaliar a influência das variáveis climáticas no conforto térmico e no desempenho produtivo de bovinos leiteiros no município de Barreiras-Ba, caracterizando as condições térmicas do ambiente de produção, identificando os períodos críticos de conforto dos animais e avaliando os efeitos do estresse calórico no desempenho produtivo de vacas leiteiras. Foi utilizada uma série de dados do período de 2007 a 2016. Foram obtidos dados de temperatura e umidade relativa do ar (UR) oriundo da estação meteorológica do INMET. Com base nos dados meteorológicos foram estimados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). A partir do seu desdobramento, foram estimados os dados de declínio da produção de leite (DPL) para 5 níveis de produção (10, 15, 20, 25 e 30 kg/animal/dia). No período de setembro a março apresenta valores médios do Índice de Temperatura e Umidade considerados de alerta e perigo, com valores acima de 75. Com base nos resultados tem-se que as condições de temperatura e umidade relativa do ar durante os meses de junho, julho e agosto proporcionam ambiente térmico para se garantir uma maior produtividade de leite na região. O estresse por calor leva uma redução de 10 a 15% na ingestão de alimentos, sendo o mês de outubro o mais crítico, alcançando valores de RCA de até 2kg animal/dia. O declínio de produção de leite se concentra nos meses de outubro e novembro, chegando em uma perda de aproximadamente 4 kg/dia de leite em animais com níveis de produção de 30kg/dia.

PALAVRAS-CHAVE: Bioclimatologia animal,; ITU; DPL

THERMAL COMFORT AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF DAIRY CATTLE IN THE MUNICIPALITY OF BARREIRAS-BA

ABSTRACT

The influence of climatic variables on the thermal comfort and the productive performance of dairy cattle in the municipality of Barreiras-Ba was evaluated, characterizing the thermal conditions of the production environment, identifying critical periods of animal comfort and evaluating the effects of caloric stress on the productive performance of dairy cows. A series of data from the period 2007 to 2016 was used. Air temperature and relative humidity (RH) data were obtained from the INMET meteorological station. Based on the meteorological data the Temperature and Humidity Index (ITU) were estimated. From its unfolding, milk production decline data (DPL) were estimated for 5 production levels (10, 15, 20, 25 and 30 kg / animal / day). In the period from September to March it presents average values ??of the Temperature and Humidity Index considered to be alert and dangerous, with values ??above 75. Based on the results it is observed that the conditions of temperature and relative humidity of the air during the months of June, July and August provide a thermal environment to ensure a higher milk yield in the region. Heat stress leads to a 10 to 15% reduction in food intake, with October being the most critical, reaching RCA values ??of up to 2kg animal / day. The decline in milk production is concentrated in the months of October and November, resulting in a loss of approximately 4 kg / day of milk in animals with production levels of 30 kg / day.

KEY-WORDS: Animal bioclimatology;; THI; MPD

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite pode ser afetada direta ou indiretamente pelas mudanças climáticas, um dos fatores limitantes ao bem-estar animal e produtividade na região Oeste da Bahia..

O Estado da Bahia possui o quarto maior rebanho de bovinos de leite do Brasil, porém, ocupa o sétimo lugar no ranking nacional de produção de leite (IBGE, 2017). Neste contexto, a região Oeste da Bahia possui um grande potencial para expansão desta atividade, devido à grande disponibilidade de áreas, grãos e resíduos agroindustriais fornecido aos animais (QUADROS E SILVA, 2008). Para tanto, um dos desafios na produção de gado de leite consiste em determinar o que, quando e como corrigir um determinado bioclima, possibilitando a sugestão de um diagnóstico térmico da localidade através da sistematização dos dados climáticos por meio de índices de conforto térmico, havendo uma comparação com as exigências dos animais para se determinar os limites de aceitabilidade ambiental e suas possíveis correções. Uma vez que a região é caracterizada por apresentar condições climáticas de altas temperaturas e elevada umidade, para algumas épocas do ano, que causariam estresse nos animais e por consequência diminuição de s produções.

Para se obter uma eficiente produtividade o animal precisa ser submetido a um ambiente com condições climáticas adequadas para que seu metabolismo funcione corretamente e converta potencialmente o alimento em produção. Desta forma, na busca de melhorar a eficiência na exploração pecuária, deve-se considerar a interação entre o animal e o ambiente, pois o conhecimento das variáveis climáticas e sua ação sobre o comportamento e a fisiologia dos animais são indispensáveis na adequação do sistema de produção para alcançar os objetivos da atividade pecuária.

Dentro da climatologia animal, tem-se uma série de índices desenvolvidos para se avaliar o conforto térmico dos animais em função ao ambiente. O índice de temperatura e umidade (ITU) é o mais utilizado para avaliação de animais alojados, sejam estes produtores de carne, leite ou ovos. Apesar de existirem índices de conforto térmico mais completos que o ITU, esse tem sido muito utilizado por envolver apenas informações meteorológicas normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados obtidos a partir de imagens de satélite.

Sendo a pecuária uma das atividades econômicas dependente de condições climáticas favoráveis e altamente sensível a variações de clima, a caracterização dessas condições torna-se relevante na análise dos impactos e na busca das possíveis soluções.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a influência das variáveis climáticas no conforto térmico e no desempenho produtivo de bovinos leiteiros no município de Barreiras-Ba, caracterizando as condições térmicas do ambiente de produção, identificando os períodos críticos de conforto dos animais e avaliando os efeitos do estresse calórico no desempenho produtivo de vacas leiteiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Barreiras-BA, localizado na mesorregião do Extremo Oeste da Bahia, geograficamente localizada na latitude 12° 09' 10"S e longitude 44° 59' 24" W, com altitude de 452 metros em relação ao nível do mar. O clima regional é classificado segundo Köppen como Aw, ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18° C.

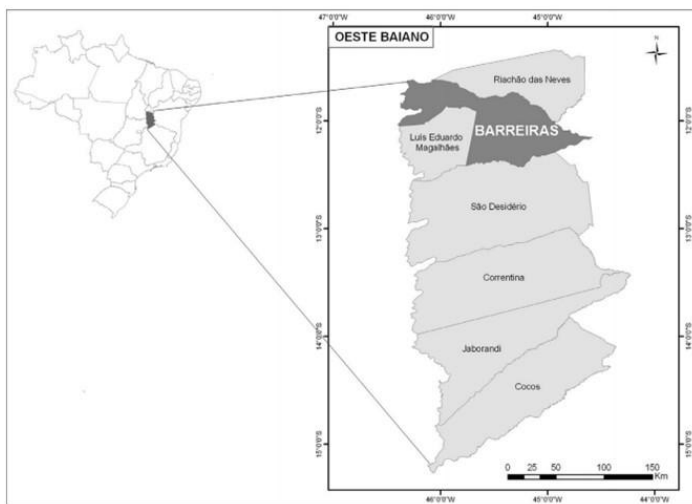


Figura 1. Localização do Município de Barreiras-BA. Fonte: EMBRAPA CERRADO (2010)

Figura 1. Localização do Município de Barreiras-BA.

Fonte: EMBRAPA CERRADO (2010)

Foi utilizada uma série de dados, do período de 2007 a 2016, das variáveis temperatura e umidade relativa do ar, oriunda da estação meteorológica automática pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Cálculo de índice de temperatura e umidade (ITU)

A partir dos dados meteorológicos foram estimados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) conforme a equação proposta por Buffington et al. (1981), adaptada por Klosowski et al. (2002):

$$ITU = Tbs + (0,36 \times Tpo) + 41,2 \tag{1}$$

Eq. (77)

Onde, Tbs é a temperatura de bulbo seco (°C) e Tpo a temperatura do ponto de orvalho (°C).

Para a análise e caracterização da ocorrência de períodos críticos, foi utilizada a classificação proposta por Rosenberg et al. (1983), adaptada por Martello (2006) onde são considerados ITU conforme as amplitudes da tabela abaixo:

Tabela 1. Classificação de desconforto térmico com base no ITU (índice de temperatura e umidade) proposta por Martello (2006).

Intervalos de ITU	Classificação
< 72	Normal
75 - 78	Alerta

Intervalos de ITU	Classificação
79 - 83	Perigo
> 84	Emergência

Cálculo de declínio de produção de leite (DPL)

Para a análise da perda de produção de leite, com base nos valores obtidos do ITU, estimou-se o declínio absoluto da produção de leite (DPL), conforme a equação proposta por Berry et al. (1964), adaptada por Hahn (1993).

$$DPL = -1.075 - (1,736 \times NP) + (0,02474 \times NP \times ITU) \quad \text{Eq. (78)}$$

(2)

Onde DPL é o declínio absoluto da produção de leite, kg/vaca/dia; NP o nível normal de produção de leite, kg/vaca/dia e ITU é o valor médio diário do índice de temperatura e umidade.

Em que NP se refere a um valor de referência para representar uma situação em que o animal não está sofrendo estresse térmico, ou seja, o animal apresenta produtividade normal sob condições de termoneutralidade. Foram considerados no presente trabalho os seguintes níveis de produção: 10, 15, 20, 25 e 30 kg por animal por dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados valores médios mensais de temperatura máxima diária, temperatura mínima diária, temperatura média diária e umidade relativa do ar média diária (UR) para o período de 2007 a 2016 em Barreiras-BA. Observa-se que somente os meses de maio, junho e julho apresentam valores médios de temperatura inferiores a 25°C, sendo que, a umidade relativa do ar apresenta uma elevação do mês de outubro a março (aproximadamente 48% em outubro para 75% em março). Os valores de temperatura nos meses de outubro, novembro e dezembro são superiores a 26°C, ou seja, não se situam na faixa de conforto térmico, preconizada por Huber (1990), que é de 4,0 a 26,0°C. Apesar dos demais meses se situarem na faixa de conforto térmico, observa-se que as médias das temperaturas máximas diárias atingem valores da magnitude de 32 a 36°C, nota-se que os valores ultrapassam aqueles considerados como máximos dentro da faixa de conforto térmico apresentada por Huber (1990), indicando que o município de Barreiras apresenta condições ambientais estressoras, em termos de altas temperaturas para as vacas leiteiras.

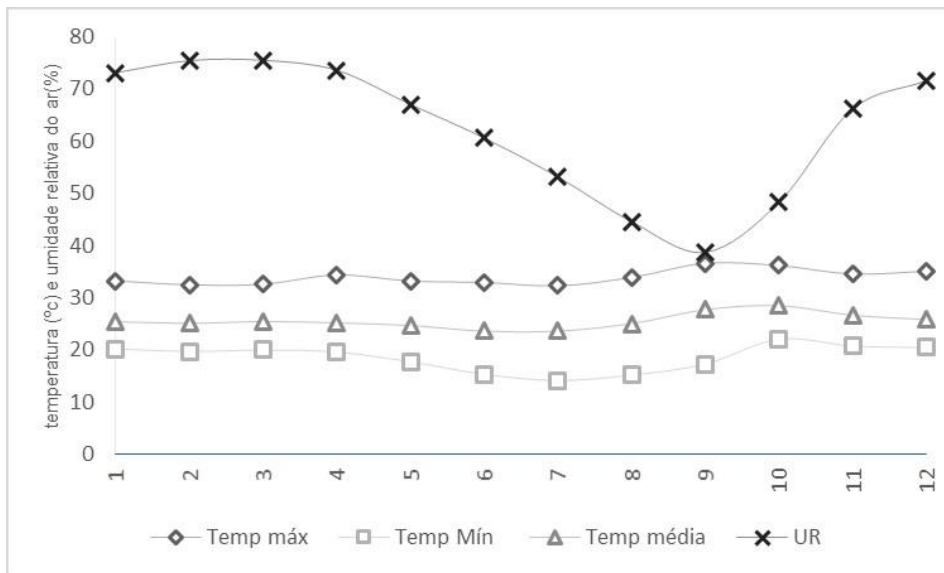


Figura 2. Valores médios mensais de Temperatura Máxima diária (Temp máx), Temperatura Mínima diária (Temp mín), Temperatura Média diária (Temp média) e Umidade Relativa do Ar média diária (UR) para o período de 2007 a 2016 em Barreiras-BA.

Os valores médios mensais de ITU são apresentados na Figura 3, onde são indicados os valores limites de ITU, assim como a zona considerada crítica às vacas, de acordo com Martello (2006). Constata-se que somente nos meses de junho, julho e agosto o ITU apresenta-se na faixa normal, mostrando que em média, os demais períodos encontram-se em alerta, mostrando que esses são os mais críticos para a produção leiteira na região. Campos et al. (2002) propuseram um limite máximo de 75, para o índice de temperatura e umidade (ITU), visando ao conforto térmico do rebanho leiteiro da raça holandesa. Observaram que valores de ITU de 70 ou menos, não causaram nenhum desconforto térmico para vacas leiteiras. Entretanto, para valores de 75 ou mais, a produção de leite e ingestão de alimentos foi seriamente prejudicada. De modo geral, bovinos de todas as idades mostraram algum sinal de desconforto térmico acentuado com ITU igual ou superior a 78, e esse desconforto se torna agudo à medida que o índice aumenta. O estresse térmico afeta negativamente em vários aspectos a produção leiteira, a diminuição da produção de leite gerando uma diminuição na produção leiteira devido à redução na ingestão de alimentos. Além da temperatura ambiente, a umidade relativa do ar elevada compromete a capacidade da vaca de dissipar calor para o ambiente influenciando diretamente na diminuição da produção (BILBY et al., 2009; DAHL, 2010).

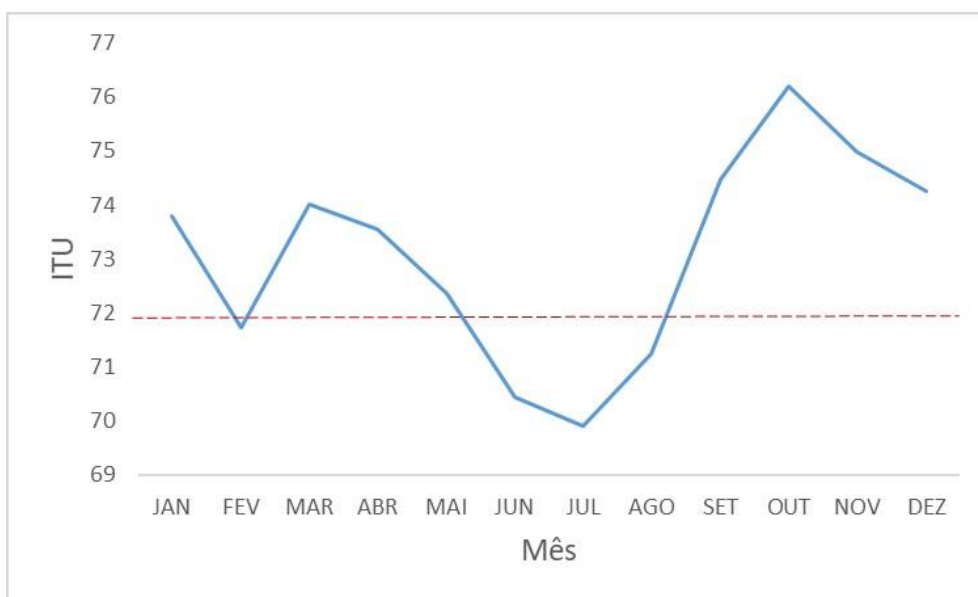


Figura 4. Valores médios mensais de índice de temperatura e umidade do ar (ITU) considerando o cenário atual (2007 a 2016).

Quando observado a variação média horária de ITU para o município de Barreiras-BA, de 2007 a 2016 (figura 5), é visto que os valores de ITU atingem 79 ao longo período do dia, das 13 às 17 horas, classificado como estado de perigo. A partir das 10 horas da manhã a produção de vacas de leite encontra-se em estado de alerta. Silanikove (1992) relatou que temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação nas horas mais quentes do dia, retardam o início do pico de procura à tarde e aumentam a frequência nas primeiras horas da manhã. O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde, devido as condições climáticas. Staples (2009) indica que, para reverter pelo menos em parte a diminuição da ingestão de matéria seca ocasionada pelo estresse térmico é necessário resfriar fisicamente os animais e alimentá-los nas primeiras horas do dia e no final da tarde, atenuando a carga de calor sobre as vacas.

As temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação nas horas mais quentes do dia, além de retardarem o início do pico de procura à tarde e aumentarem a frequência nas primeiras horas da manhã (SILANIKOVI, 2009). O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde. Assim, temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação durante as horas mais quentes do dia, aumentando a frequência nas primeiras horas da manhã.

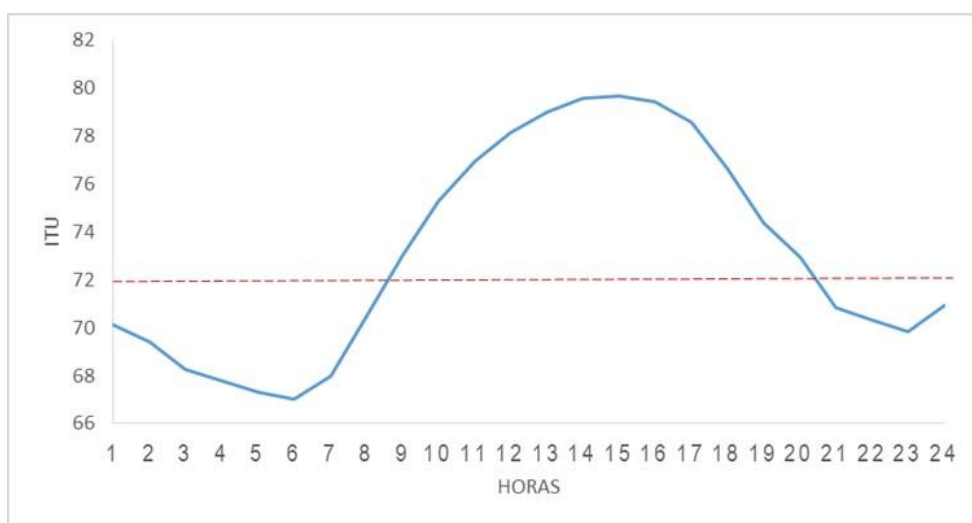


Figura 5. Variação média horária de ITU para o município de Barreiras-BA, no cenário atual (2007 a 2016).

Com os valores obtidos de ITU, foi possível estimar as possibilidades de declínio na produção de leite (kg/animal/dia), considerando 5 níveis de produção normal, como pode ser visualizado na Figura 5. Uma vez que o efeito do estresse calórico é maior quanto maior for a produção do animal (HUBER et al., 1990), a partir desses resultados, percebido no comportamento das estimativas dos dados apresentados na Figura 4, constatou-se que, para uma produção normal de aproximadamente 30kg/dia, pode haver uma redução bem maior em relação aos demais níveis.

Observa-se que no período em estudo, o declínio de produção de leite se concentram nos meses de outubro e novembro, chegando em uma perda de aproximadamente 4 kg/dia de leite no ano de 2015. Durante os meses de junho, julho e agosto as condições climáticas observadas, indicaram um aumento significativo na estimativa da produção de leite para os cinco níveis normais de produção no município de Barreiras – BA, exceto o ano de 2012. Foi observado que o declínio na produção de leite acentuou-se a partir do valor de ITU de 73 a 78. Turco et al. (2006) apresentou em seu trabalho resultados semelhantes para a região Oeste da Bahia com possibilidades de perdas de 2 a 3 kg de leite por dia para animais com maiores níveis de produção. Os decréscimos observados na produção de leite em vacas submetidas ao estresse pelo calor são devidos, principalmente, aos efeitos envolvidos na regulação térmica, no balanço de energia e nas modificações endócrinas, quando, os animais priorizam a manutenção da homeotermia e dessa forma a produção de leite passa a ser prejudicada pelo estresse térmico (JOHNSON, 1985; ALMEIDA et al., 2011).

Em um trabalho realizados por Campos et al. (2001) para a região de Goiânia-GO, foram obtidos resultados aproximados de redução na produção de leite, de 6,0 e 6,8 kg/dia, para os meses de dezembro e março, respectivamente, considerando-se um nível de produção normal de 30kg/dia. Levando em consideração um nível médio de produção normal de 10kg/dia, estes autores detectaram reduções na produtividade dos animais de aproximadamente 0,8 e 1,2kg/dia para dezembro e março, respectivamente, assim, como explica Johnson (1985) quanto mais produtora uma vaca, maior sua taxa metabólica (produção de calor interno no organismo) e maior a sua sensibilidade ao estresse pelo calor. Dessa forma, a eficiência produtiva é maior quando os animais estão em condições de conforto térmico e não precisam acionar os mecanismos termorreguladores (SOUZA et al., 2005).

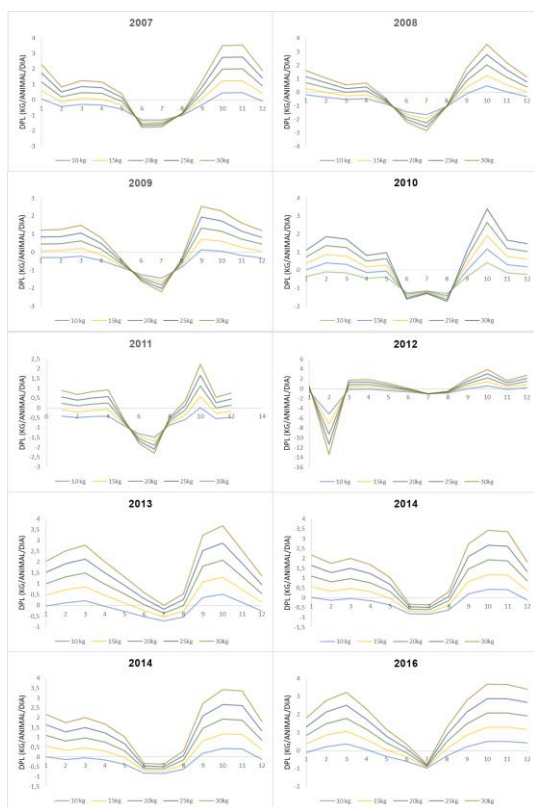


Figura 5. Valores médios mensais de declínio de produção de leite (DPL, kg/dia/vaca) para o período de 2007 a 2016 para o município de Barreiras-BA.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No período de setembro a março apresenta valores médios do Índice de Temperatura e Umidade considerados de alerta e perigo, com valores acima de 75.

As condições de temperatura e umidade relativa do ar durante os meses de junho, julho e agosto proporcionam ambiente térmico confortável para a atividade leiteira no município, sendo esse período o mais propício para se garantir uma maior produtividade de leite na região.

O estresse por calor leva uma redução de 10 a 15% na ingestão de alimentos, sendo o mês de outubro o mais crítico, alcançando valores de RCA de até 2kg animal/dia.

O declínio de produção de leite se concentra nos meses de outubro e novembro, chegando em uma perda de aproximadamente 4 kg/dia de leite em animais com níveis de produção de 30kg/dia.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

GAMU - (Grupo de Agrometeorologia da Uneb)

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALMEIDA, G. L. P et al., Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. Revista **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.754-760, 2011
- BERRY, I.L.; SHANKLIN, N.D.; JOHNSON, H.D. **Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity**. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 7, p. 329-331. 1964
- BILBY, T. R.; TATCHER, W.W.; HANSEN, P.J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2009, Uberlândia, MG. **Anais...** 2009, p. 59-71
- BUFFINGTON, D.E. et al. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows**. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714. 1981.
- DAHL, G. E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In: XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** 2010, p. 357-362.
- HAHN, G.L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- HEAD, H.H. **Management of dairy cattle in tropical and subtropical and subtropical environments**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1995, Jaboticabal. **Anais...**, Jaboticabal: SBBiomet, 195. p.26-68.
- HUBER, J. T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico**. Bovinocultura Leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990; p. 33-48.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – **Pesquisa da Pecuária Municipal 2017**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/94#resultado>>. Acesso em 20 de maio de 2019.
- JOHNSON, H.D. **Physiological responses and productivity of cattle** . In: YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock, v.2, Boca Raton Fla: CRC Press. 1985, p. 3 -22.
- KLOSOWSKI, E.S. et al. **Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002.
- MARTELLO, L. S. **Interação animal - ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em freestall**. 2006. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Qualidade e Produtividade Animal, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- QUADROS e SILVA. **Produção e qualidade do leite na região oeste da Bahia**. 2008. Disponível em <<http://cienciadoleite.com.br/noticia/124/producao-e-qualidade-do-leite-na-regiao-oeste-da-bahia>> Acesso em 20 de abril de 2019.
- ROSENBERG, N.J; BLAD, B.L; VERMA, S.B. **Microclimate: the biological environment**. 2 ed. New York: Wiley-interscience Publication, 1983. 495p.

SILANIKOVE, N.; SHAPIRO, F.; SHINDER, D. **Acute heat stress brings down milk secretion in dairy cows by up-regulating the activity of the milk-borne negative feedback regulatory system.** BMC Physiology, p.9-13, 2009.

SILANIKOVE, N. **Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants:** a review. Livestock Production Science, Amsterdam, v.30, p.175-194, 1992.

SOUZA, E. D.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H. **Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no Semi-Árido.** Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.1, p.177-184. 2005.

STAPLES, C. R. Alimentação de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2009. Uberlândia, MG. **Anais...** 2009, p. 42-58.

TURCO, S. H. N. et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.20-27, 2006.

ÉPOCA DE SEMEADURA NA QUALIDADE DE FIBRA DE ALGODÃO

Polianna Alves Silva Dias¹; Larissa Barbosa de Sousa²; Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso²; Cynthia Pereira Gundim³; Victor Martins da Silveira²

Autor para correspondência: poliannaasdias@gmail.com

¹Faculdade Una Catalão; ²Universidade Federal de Uberlândia; ³Cia da Terra

RESUMO

A semeadura do algodoeiro deve ocorrer na época em que a condição climática proporcione elevada qualidade de fibras. O objetivo do trabalho foi estabelecer a melhor época de semeadura para Uberlândia (MG), visando qualidade da fibra de algodão. O experimento, conduzido em campo, foi analisado em delineamento de blocos completos casualizados com três repetições em esquema fatorial 4x7, com quatro épocas de semeadura (05/12/16, 19/12/16, 30/12/16, 13/01/17) e sete genótipos (cinco linhagens e duas cultivares). As características avaliadas foram: índice micronaire, índice de maturação, comprimento de fibra, uniformidade de comprimento, resistência e alongamento. Conclui-se que a semeadura em 19/12 foi a mais favorável para os caracteres de qualidade de fibra, obtendo-se os melhores resultados, com destaque para o genótipo UFUJP-C.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L.; micronaire; variação ambiental

SOWING SEASON IN COTTON FIBER QUALITY

ABSTRACT

Cotton sowing must happen at the season with the climatic conditions that provides high fiber quality. The objective of this work was to establish the best sowing season for Uberlândia (MG), aiming at cotton fiber quality. The experiment, conducted in the field, was analyzed in a randomized complete block design with three replications in a 4x7 factorial scheme, with four sowing times (05/12/16, 19/12/16, 30/12/16, 13/01/17) and seven genotypes (five lines and two cultivars). The evaluated traits were: micronaire index, maturation index, fiber length, uniformity of length, short fibers, strength and elongation. It is concluded that sowing on 19/12 was the most favorable for the fiber quality characters, obtaining the best results, with emphasis on the genotype UFUJP-C.

KEY-WORDS: *Gossypium hirsutum* L.; micronaire; environmental variation

INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) possui fundamental importância para o agronegócio no Brasil e no mundo. Para a safra brasileira 2018/2019 são esperadas mais de 2,5 milhões de toneladas de algodão em pluma (CONAB, 2019). Mundialmente, o Brasil encontra-se como o quarto maior produtor do mundo (USDA, 2018).

O algodoeiro é cultivado em todas as regiões do Brasil. Por isso, as cultivares de algodão são expostas a uma ampla diversidade de condições ambientais, como temperatura, precipitação e luminosidade, sendo o zoneamento agrícola um indicativo de condições ideais de cultivo. De acordo com Bradow e Davidonis (2010) três fatores influenciam diretamente a qualidade da fibra do algodoeiro, sendo eles, o potencial

genético da cultivar, as flutuações climáticas ocorridas durante o ciclo da cultura e a interação entre o genótipo e o ambiente.

É fundamental que a semeadura do algodão seja realizada na época correta, visto que a semeadura antes da época recomendada para a região culmina em prejuízos, pois a coincidência da colheita com períodos chuvosos compromete a qualidade da fibra (Rosolem; Echer, 2015). Em Minas Gerais, o algodão é tradicionalmente semeado nos meses de novembro a dezembro e colhido entre os meses de junho e julho (Ferreira et al., 2015), pois a cultura encontra condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, como temperaturas oscilando de 20°C a 30°C no verão e precipitações que variam entre 700 a 1500 mm, ideais para completar seu ciclo (Beltrão et al., 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi avaliar a melhor época de semeadura de diferentes genótipos de algodão visando maior qualidade de fibra na região de Uberlândia-MG.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia/MG). O solo foi preparado de forma convencional e a adubação foi feita segundo a análise de solo e as necessidades da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos completos casualizados com três repetições. A parcela experimental foi composta de três linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 1 metro e com densidade de oito plantas por metro linear. Foi considerada como área útil a linha central, desprezando 0,50 m de cada extremidade.

Foram avaliados sete genótipos de algodoeiro, sendo cinco linhagens do Programa de melhoramento genético do algodoeiro da Universidade Federal de Uberlândia (UFUJP-A, UFUJP-C, UFUJP-P, UFUJP-S e UFUJP-Z) e duas comerciais: DP 555 e FM 966, em quatro épocas de semeadura 05/12/16, 19/12/16, 30/12/16, 13/01/17.

As condições meteorológicas de temperatura e precipitação pluviométrica que ocorreram durante a condução do experimento foram coletadas via estação meteorológica automática e as médias de temperaturas máxima e mínima, a soma das precipitações e o acúmulo térmico (graus-dia) em cada época de semeadura foram calculados.

Para determinação do comprimento de fibra foi levado em consideração o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras em 32 subdivisões de polegada. Na uniformidade do comprimento, realizou-se a relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras. O alongamento foi obtida pelo máximo de comprimento de uma amostra de fibra durante uma carga de esforço até seu rompimento. Na análise de resistência foi determinada a capacidade que a fibra tem de suportar uma carga até romper-se. O índice de maturidade foi mensurado pelo grau de desenvolvimento da parede da fibra. E para análise do micronaire verificou-se o diâmetro da fibra, indicando a resistência de uma determinada massa de fibras a um fluxo de ar, à pressão constante, em câmara de volume definido. Os caracteres foram analisados utilizando o aparelho HVI (*High Volume Instruments*). Os dados foram submetidos à análise variância e quando detectado diferenças significativas foram realizados Teste de Scott-Knott, ambos a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variabilidade entre genótipos para os caracteres comprimento de fibra, uniformidade do comprimento, resistência e alongamento (ELG) de fibra. A interação entre os genótipos e épocas de semeaduras foi significativa para micronaire e maturidade, evidenciando que os genótipos comportam-se de maneira distinta nas diferentes épocas de semeadura. Já as épocas de semeadura interferiram apenas na expressão do ELG. Penna (2005) propõe que, em geral, a influência do ambiente é baixa para as características físicas da fibra.

Os genótipos atenderam aos parâmetros exigidos pela indústria têxtil com índice de micronaire que variou entre 3,5 a 4,3, e a maturidade de fibra acima de 0,8 (Tabela 1). Observou-se que a época 13/01, apesar de ter as menores temperaturas, favoreceu a expressão do caráter. Rosolem e Echer (2015) alertam que o principal fator limitante para sementeiras tardias é a ocorrência de temperaturas noturnas baixas, que podem levar a baixo micronaire e alta desuniformidade.

A época de sementeira 05/12 proporcionou maiores valores de maturidade da fibra, pois apresentou as melhores condições de temperatura e precipitação (Tabela 1). A maturidade consiste na espessura da parede secundária, sendo dependente principalmente de disponibilidade de água e manejo adequados ao longo do cultivo (Davidonis et al., 2004).

Tabela 1. Médias de micronaire (MIC) e maturidade de fibra (MAT) de genótipos de algodoeiro em função de épocas de sementeira.

Genótipo	Época de sementeira							
	05/12/16		19/12/16		30/12/16		13/01/17	
	MIC	MAT	MIC	MAT	MIC	MAT	MIC	MAT
DP-555	4,28Aa	0,86Aa	3,19Bb	0,83Bb	3,72Aa	0,83Bb	3,99Aa	0,84Ba
FM-966	3,94Aa	0,85Aa	3,23Ab	0,83Bb	3,80Aa	0,84Aa	3,56Aa	0,83Ba
UFUJP-A	3,76Aa	0,84Ab	3,24Bb	0,83Ab	4,09Aa	0,85Aa	4,00Aa	0,84Aa
UFUJP-C	3,64Aa	0,84Ab	3,76Aa	0,84Aa	3,84Aa	0,85Aa	3,29Aa	0,83Ba
UFUJP-P	3,41Ab	0,84Ab	3,93Aa	0,84Aa	3,63Aa	0,83Ab	3,76Aa	0,84Aa
UFUJP-S	3,41Bb	0,84Ab	4,43Aa	0,85Aa	3,86Ba	0,84Aa	3,77Ba	0,84Aa
UFUJP-Z	3,01Bb	0,83Ab	3,99Aa	0,84Aa	3,24Ba	0,83Ab	3,77Aa	0,84Aa

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, pertencem a grupos distintos, pelo teste de Scott-Knott ($\alpha=5\%$).

O caráter comprimento de fibra é classificado como longa para os valores entre 27 e 32 mm e muito longa acima de 32 mm. Todos os genótipos apresentaram comprimento de fibra superiores a 28 mm, sendo classificados como fibra longa, independente das épocas de cultivo (Tabela 2). Destacam-se as linhagens UFUJP-C e UFUJP-Z e as cultivares. Para uniformidade de comprimento, os genótipos UFUJP-C e UFUJP-P destacaram-se. Para resistência de fibra os genótipos DP-555, UFUJP-A, UFUJP-C e UFUJP-S foram classificados com resistência muito elevada (acima de 31 gf tex⁻¹), sendo genótipos promissores para o melhoramento. Para resistência o intervalo mais crítico para a obtenção de melhores resistências se dá no período final de formação dos frutos, com a formação das paredes secundárias das fibras, constituídas principalmente por celulose (Rosolem et al., 2010). Contudo Echer (2014), em um levantamento a respeito de estresses abióticos no algodoeiro, relatou não haver um consenso com relação à influência da temperatura na resistência da fibra.

Tabela 2. Comprimento (UHML), uniformidade (UI), resistência (STR) e alongamento de fibra de sete genótipos de algodoeiro em quatro épocas de sementeira no município de Uberlândia-MG.

Genótipo	UHML	UI	STR	ALONGAMENTO				Média *
	Média *	Média *	Média *	05/12/16	19/12/16	30/12/16	13/01/17	Alongamento
DP-555	30,5 a	82,6 b	30,7 a	6,52	7,50	7,05	6,82	6,97 b
FM-966	30,3 a	82,5 b	29,7 b	7,27	7,52	7,62	7,42	7,46 a
UFUJP-A	29,8 b	83,0 b	31,4 a	7,45	7,25	7,55	6,97	7,31 a
UFUJP-C	30,6 a	84,2 a	31,1 a	6,75	7,62	6,85	7,45	7,17 a
UFUJP-P	29,9 b	83,4 a	30,3 b	6,30	7,35	6,55	7,27	6,87 b
UFUJP-S	29,8 b	82,9 b	31,6 a	6,87	7,30	6,72	7,02	6,98 b
UFUJP-Z	30,3 a	83,1 b	29,7 b	6,60	7,85	7,72	7,47	7,41 a
Média	30,2	83,1	30,6	6,82 C	7,48 A	7,15 B	7,21 B	7,17

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, pertencem a grupos distintos pelo teste de Scott-Knott ($\alpha=5\%$). * Média das quatro épocas de semeadura.

Para alongamento a melhor época de semeadura foi a de 19/12 (Tabela 2). O alongamento da fibra é uma característica muito influenciada pela disponibilidade de água durante o florescimento e seu desenvolvimento nos primeiros 20 dias após a antese (Echer, 2014). Na época 05/12 houve uma significativa redução das precipitações no florescimento, fato não ocorrido na época 19/12, que obteve precipitações médias superiores a 15 mm dia⁻¹.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os genótipos apresentaram desempenhos variados para caracteres de qualidade de fibra quando submetidos às diferentes épocas de semeadura, com destaque para UFUJP-C. A melhor época foi a de 19/12/16. Plantio mais tardio (13/01/17) não é recomendado para a região de Uberlândia.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Programa de Melhoramento Genético de Algodoeiro (PROMALG); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e à Associação Mineira de Produtores de Algodoeiro (AMIPA).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; VALE, L. S.; FREIRE, E. C. Zoneamento agroclimático do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Positiva, 2015, p. 39-63.

BRADOW, J. M.; DAVIDONIS, G. H. Effect of environment on fiber quality. pp. 229-245. In: STEWART, J. M., OOSTERHUIS, D. M., HEITHOLT, J. e MAUNEY, J. R. (eds.). **Physiology of Cotton**. Springer. 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2018) **Levantamento de safras**. Disponível: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 10 Jun 2019.

DAVIDONIS, G. H.; JOHNSON, A. S.; LANDIVAR, J. A.; FERNANDEZ, C. J. Cotton Fiber Quality is Related to Boll Location and Planting Date. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 42-47, 2004.

ECHER, F. R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Embrapa Agropecuária Oestecas (ALICE), 2014.

FERREIRA, A. C. B.; BORIN, A. L. D. C.; BRITO, G. G.; SILVA FILHO, J. L.; BOGIANI, J. C. Épocas de semeadura, cultivares e densidades de plantas para algodão adensado em segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 45, n. 4, p. 397-405, 2015.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. cap.1, p. 15-53.

ROSOLEM, C. A.; KAWAKAMI, E. M.; CHIAVEGATO, E. J.; ECHER, R. F.; BRITO, G. G.; CARVALHO, H. DA R.; SNIDER, J. L.; BOGIANI, J. C.; BERNARDES, M. S.; YEATES, S. O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes. **Embrapa Agropecuária Oeste- Outras publicações científicas (ALICE)**. Cuiabá/MT, p. 13-25, 2014.

ROSOLEM, C. A.; ECHER, F. R. Ecofisiologia do Algodoeiro: Implicações na Época de Semeadura e Qualidade. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Gráfica e Editora Positiva, 2015. Cap.14, p. 533-558.

United States Department of Agriculture (USDA). **Cotton: World Markets and Trade**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/cotton.pdf>>. Acesso em 17 nov. 2018.

PRODUÇÃO DE MILHO CRIOULO POR SEQUEIRO E COM IRRIGAÇÃO NO SUL DE SERGIPE

João Pedro Ferreira Santos¹; Itamara Bomfim Gois¹; ; Lucas Alexandre dos Santos Rocha¹; Olavo José Marques Ferreira¹; Renata Silva-Mann¹
Autor para correspondência: joao20pedro@outlook.com

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

A cultura do milho é amplamente explorada na região Nordeste e, entre os pequenos agricultores, predomina o uso de variedades crioulas. Devido a reconhecida restrição edafoclimática da região, o sistema mais utilizado para o plantio de milho entre os pequenos agricultores é por sequeiro. Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de milho crioulo, variedade Pé-de-boi, sob o sistema de sequeiro e com irrigação na fazenda experimental Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe localizado em São Cristóvão-SE. Os dois plantios tiveram o mesmo manejo agrícola alterando apenas o uso de irrigação e a época de plantio. Foram avaliadas o comprimento e diâmetro da espiga, fileiras de grãos e peso de grãos. Os melhores resultados obtidos foram no cultivo por sequeiro, sem o uso de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Água; plantio; espiga

PRODUCTION OF CRIOULO CORN BY DROUGHT AND WITH IRRIGATION IN THE SOUTH OF SERGIPE

ABSTRACT

Corn cultivation is widely exploited in the Northeast region and among small farmers the use of Creole varieties predominates. Due to the recognized soil and climate restriction of the region, the system most used for planting maize among small farmers is by rain. Considering the above, this work was carried out with the objective of evaluating the production of Creole maize, Pé-de-boi variety, under the rainfed system and with irrigation at Campus Rural experimental farm of the Federal University of Sergipe located in São Cristóvão-SE. The two plantations had the same agricultural management, altering only the use of irrigation and the planting season. The length and diameter of the spike, rows of grains and grain weight were evaluated. The best results were obtained in rainfed cultivation, without the use of irrigation.

KEY-WORDS: Water; planting; ear

INTRODUÇÃO

O milho, *Zea mays* L., é uma das espécies mais utilizadas no mundo por conta da infinidade de produtos utilizados desde a alimentação animal até a humana. Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, sendo um ótimo exemplo do avanço de uso de tecnologias empregadas na produção agrícola (Cruz et al.,2010). Porém o seu uso não é restrito a grandes produtores tecnificados, ele também está presente na importante cadeia da agricultura familiar que tradicionalmente utiliza as variedades crioulas.

A variedade utilizada no experimento é crioula, conhecida como Pé-de-boi. Ela é muito utilizada por pequenas comunidades rurais localizadas no sul do estado de Sergipe. Esses agricultores familiares possuem grande diversidade cultural e social (Konzen et al.,2006) e, o uso dessas variedades também está associado com as tradições locais e, o milho crioulo se adapta muito bem a realidade desses agricultores.

Devido a sua rusticidade, o milho crioulo adapta-se bem a condições de baixo uso de tecnologias, além de apresentar características importantes como a resistência a pragas e doenças (Araújo Junior et al.,2015). Por isso é fundamental que as variedades crioulas sejam trabalhadas para a conservação do material e uso em futuros programas de melhoramento, além de oferecer boas opções de material genético afim de atender aos pequenos agricultores.

O milho crioulo é amplamente cultivado em toda região Nordeste, região conhecida pelas restrições edafoclimáticas (Costa et al.,2017). Devido a essas restrições, o sistema de sequeiro é o mais utilizado. Esse sistema é totalmente dependente das chuvas, tornando limitada a produtividade do pequeno agricultor.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a produção de milho crioulo, variedade Pé-de-boi, sob sistema de cultivo por sequeiro e com irrigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe, Campus Rural, localizada no município de São Cristóvão-SE. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, e, não foi necessária a calagem.

Foram realizados dois plantios para verificar a influência da irrigação na produtividade do milho. O primeiro plantio foi feito em março de 2018 sem o uso de irrigação, aproveitando a época das chuvas, o que é muito comum entre os pequenos agricultores. O segundo plantio foi realizado em setembro do mesmo ano com o uso de irrigação por aspersão, sendo utilizada a vazão do aspersor de 1350L/hora, em dias alternados.

O manejo da cultura foi igual nos dois plantios, com exceção da irrigação e da época de plantio. O espaçamento adotado foi de 80 cm entre linhas e 20 cm entre plantas. Foram quatro blocos com vinte linhas cada e vinte plantas em cada linha e para as análises foi utilizada uma amostra com cem indivíduos aleatórios em cada plantio. A adubação empregada foi a formulação NPK 0-20-0 no plantio, e no estágio v4 foi utilizada a formulação 20-0-20. Não foi necessário o uso de inseticidas e fungicidas para o controle fitossanitário, e o controle de plantas daninhas ocorreu de forma manual com o uso de enxadas.

A colheita das espigas em ambos os plantios foi feita de forma manual e próxima a maturidade fisiológica. As espigas foram secas até atingir 13% de umidade.

Foram avaliadas as variáveis: peso de grãos, comprimento da espiga, diâmetro da espiga e número de fileiras da espiga. Para a avaliação foram utilizadas cem plantas de cada plantio.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para as análises foi empregado o pacote estatístico ExpDes (FERREIRA et al., 2018) no software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação e temperatura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe, Campus Rural, estão apresentados na Figura 1.

Figura 1- Dados de precipitação e temperatura no período de cultivo do milho Pé-de-boi por sequeiro.

Observa-se que durante o desenvolvimento do milho houve precipitação satisfatória na região com acúmulo de chuvas entre os meses de abril e junho, favorecendo o estabelecimento da cultura. Esta é uma situação típica em que o agricultor espera ansiosamente para o plantio do milho e outras culturas como feijão. As variáveis analisadas apresentaram diferença estatística significativa pelo teste F, como pode ser observado na análise de variância apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo da ANOVA para as variáveis comprimento (CE) e diâmetro da espiga (DE) em (cm), fileiras de grãos na espiga (FG) e peso de 100 grãos (PG) em (g).

Fonte de Variação	GL	-----Quadrado Médio-----			
		CE	DE	FG	PG
Tratamento	1	657,79**	2.141,39**	18.000,00*	17.850,00**
Resíduo	198	5,65	25,36	3.1943,00	803,00
CV (%)		17,21	11,98	13,48	35,64

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste F, respectivamente.

Por meio do teste de Tukey é possível observar que houve diferença estatística significativa para todas as variáveis estudadas (Tabela 2). As variáveis comprimento e diâmetro da espiga e peso de 100 grãos apresentaram melhores resultados no cultivo sem irrigação, ou seja, por sequeiro.

Tabela 2 - Valores médios para as variáveis comprimento (CE) e diâmetro da espiga (DE) em (cm), fileiras de grãos na espiga (FG) e peso de 100 grãos (PG) em (g).

Tratamentos	Variáveis			
	CE	DE	FG	PG
Sem Irrigação	15,62a	45.29a	12.96b	88.96a
Com Irrigação	11,99b	38.75b	13.56a	70.07b

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como podemos observar na Figura 1, o índice de pluviosidade foi ótimo para o desenvolvimento da variedade crioula estudada, a qual apresenta certa rusticidade.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O sistema com melhores resultados foi o de sequeiro, sem o uso da irrigação. Considerando que na época de cultivo houve ótimos índices de pluviometria.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao laboratório de tecnologia de sementes, ao Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao CAPES pelo financiamento aos projetos de pesquisa e ao grupo Genaplant- Grupo de Pesquisa em conservação, Melhoramento e Gestão de Recursos Genéticos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALVARENGA, R. C. et al. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.
- ARAÚJO JUNIOR, Bernardo Bezerra et al. Avaliação de variedades crioulas de milho para produção orgânica no Semiárido Potiguar. **Holos**, v. 3, 2015.
- CALDARELLI, Carlos Eduardo; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova economia**, v. 22, n. 1, p. 141-164, 2012.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria et al. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, 2010.
- CRUZ, José Carlos et al. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.
- DA COSTA, Maria Nágila Ferreira et al. DESEMPENHO E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DO CULTIVAR E DA ADUBAÇÃO DE COBERTURA EM REGIME DE SEQUEIRO NO CARIRI-CE. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 26, n. 3, p. 310-319, 2017.
- MAGALHÃES, Paulo César et al. Fisiologia do milho. **CEP**, v. 35701, p. 970, 2002.
- MOTERLE, Lia Mara et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 169-176, 2006.
- SILVEIRA, Diógenes Cecchin et al. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2015.

EXPANSÃO DA ÁREA CULTIVADA E INCREMENTO PRODUTIVO DA CULTURA DA SOJA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS NO SUDOESTE DE GOIÁS

Ciro Alberto de Oliveira Silva¹; Guilherme Henrique Rodrigues Pinheiro¹; Prissila Pereira dos Santos e Araújo¹; Thiago Rocha¹; Hildeu Ferreira da Assunção¹
Autor para correspondência: ciroalberto.23@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí

RESUMO

O processo de modernização da agricultura proporcionou uma alteração na estrutura produtiva rural possibilitando maiores incrementos na produção agrícola. Este trabalho teve como objetivo descrever a expansão da área cultivada com soja nos municípios de Rio Verde, Jataí, Mineiros e Chapadão do Céu, no período de (1974 a 2017), correlacionando o crescimento da produção e o incremento na produtividade e do aumento da área cultivada através dos avanços científicos expressivos que contribuíram na disponibilização de tecnologias ao setor do agronegócio. Foram realizadas análises de regressão linear para os dados de área cultivada e de produtividade com o auxílio do programa Origin(Pro) versão 9.0.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado; Agricultura; Produtividade

EXPANSION OF THE CULTIVATED AREA AND PRODUCTION INCREASE OF SOYBEAN CULTURE IN THE LAST DECADES IN SOUTHWEST GOIÁS

ABSTRACT

The process of modernization of agriculture led to a change in the rural productive structure, allowing greater increases in agricultural production. The objective of this work was to describe the expansion of the soybean cultivated area in the main producing municipalities of the Southwest region of Goiás, addressing the growth of regional production in the last decades, through the increase of cultivated area and increase in productivity through the scientific advances that contributed to the availability of technologies to the agribusiness sector. Linear regression analyzes were performed for cultivated area and productivity with the aid of the program Origin(Pro) version 9.0.

KEY-WORDS: Cerrado; Agriculture; Productivity

INTRODUÇÃO

A inserção do Cerrado brasileiro no circuito da economia nacional se deu de forma tardia. A leitura das obras que discutem sobre a ocupação do estado de Goiás e, sobretudo da Microrregião Sudoeste Goiano[1] apresenta uma realidade de um território esparsamente ocupado até meados do século XX. A região do Cerrado possui extensas áreas em condições agroambientais favoráveis à agricultura intensiva e à pecuária, sendo esta historicamente extensiva e dominante espacialmente.

Nos anos 1960 e 1970 do século passado, por essa e outras razões de natureza geopolítica, o Cerrado foi alvo de expansão da nova fronteira agrícola. A base para este avanço foi a modernização da agricultura,

voltada principalmente para a produção de grãos, em particular de soja, além de incrementar também a oferta de carne, agregando-se à meta federal de incorporação de suas terras ao sistema produtivo nacional e à exportação na forma de commodities agrícolas (BARBOSA et al, 1993).

A exploração da cultura da soja teve início no sul do país, entretanto, o avanço do cultivo em áreas de Cerrado foi proporcionado pela a implantação de programas de melhoramento e a criação de cultivares com alta estabilidade e adaptabilidade às diversas regiões de baixas latitudes, contribuindo assim com caracteres agrônômicos desejáveis para a alta produtividade de grãos. O sucesso na expansão desta oleaginosa em território brasileiro se deve a associação de diversos fatores como o desenvolvimento de pacotes tecnológicos relacionados ao manejo de solos, adubação, pragas e doenças; às inovações na mecanização e pulverizadores bem como o desenvolvimento de variedades resistentes a algumas doenças que afetam negativamente a cultura (FREITAS, 2011).

A área de estudo representa a 13ª Região Administrativa do estado de Goiás, composta de 18 municípios. Para este estudo, foram selecionados apenas os municípios de: Chapadão do Céu (emancipado em 1981), Jataí (emancipado em 1882), Mineiros (emancipado em 1905) e Rio Verde (emancipado em 1854). A área de estudo, compreendida entre os paralelos 16°27' e 19°15' de Latitude Sul e os meridianos 53°12' e 50°12' de Longitude Oeste, ocupa um lugar de destaque dentro do Estado de Goiás, pois é a região “celeiro”, a maior produtora de grãos, contribuindo com 44% da produção do Estado, sendo a soja o grão de maior destaque (Figura 1).

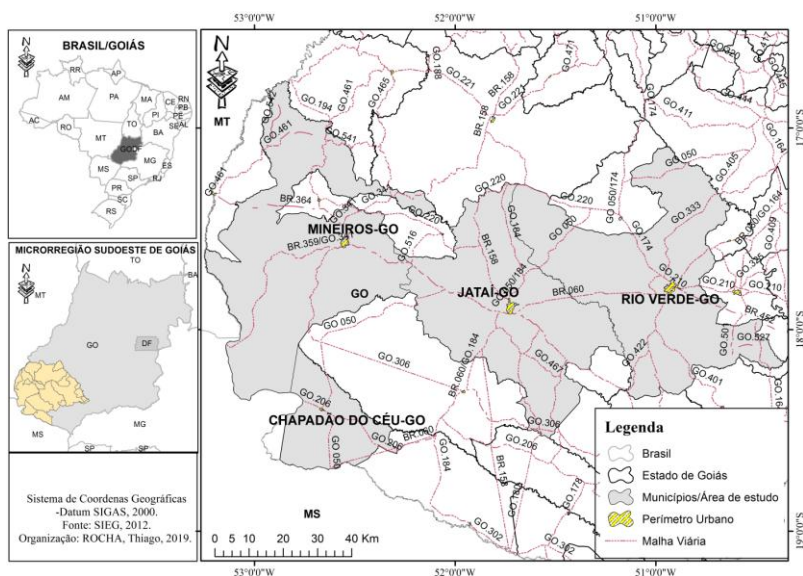


Figura 1: Localização dos municípios do estudo

[1] A definição das microrregiões geográficas foi instituída em 1990. No texto (projeto) chamaremos nossa área de estudo apenas de Sudoeste Goiano.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a expansão da área cultivada com soja nos municípios de Rio Verde, Jataí, Mineiros e Chapadão do Céu, no período de 1974 a 2017, correlacionando o crescimento da produção e o incremento na produtividade e do aumento da área cultivada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os dados da cultura da soja referentes à área plantada, em hectares, e produção, em toneladas. Os valores de cultivar foram extraídos da plataforma SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática). Para analisar a evolução da produtividade da cultura da soja, os dados de área plantada e produção foram organizados em tabelas utilizando-se o programa Microsoft® Excel 2013, as análises de

regressão linear foram realizadas com nível de significância ($\alpha = 5\%$) e os gráficos foram desenvolvidos com o auxílio do programa Origin(Pro) versão 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que a área plantada com soja dos municípios de Jataí, Rio Verde e Mineiros, no período de 1974 a 2017, aumentou de 140, 4.075, 92 ha para 285.000, 315.000 e 95.000, respectivamente, e a área plantada com soja de Chapadão do Céu, no período de 1993 a 2017, aumentou de 87.000 ha para 100.000 ha.

Um dos principais motivos para o desenvolvimento da agricultura dos cerrados ocorreu em 1975 com o Programa de Desenvolvimento do Cerrado-POLOCENTRO e o Programa Cooperativo Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado-PROCEDER. Ambos favoreceram o crédito aos investidores para uma exploração agropecuária empresarial (MARIANO, 2011).

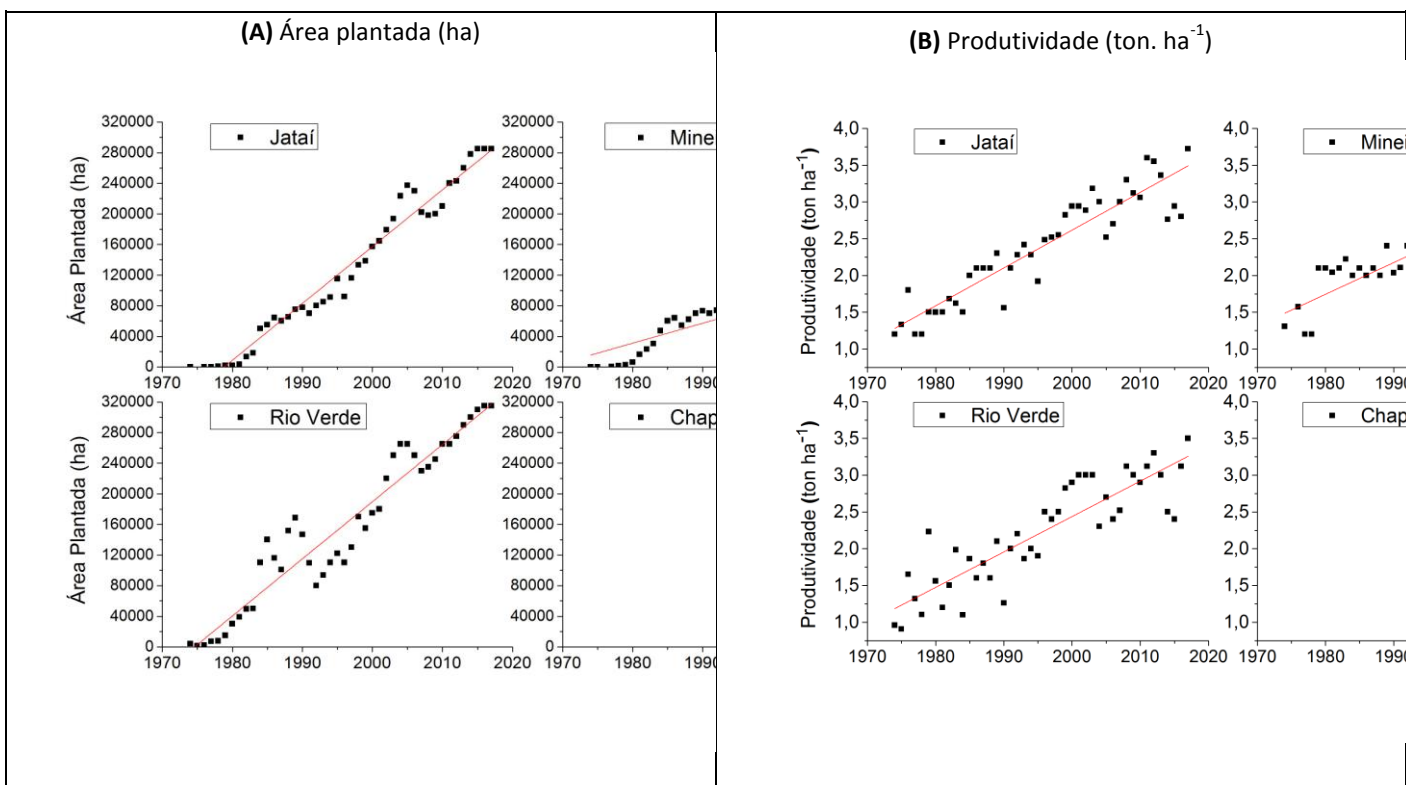


Figura 2: (A) Aumento da área plantada. (B) Evolução da produtividade de soja nos municípios de Jataí, Rio Verde, Mineiros e Chapadão do Céu, no período de 1974 a 2017.

Quadro 1: Coeficientes de interceptação (a), inclinação (b) e determinação (R^2) para área plantada e produtividade de soja nos municípios de Jataí, Rio verde, Mineiros e Chapadão do Céu:

Área Plantada				
Coeficiente	Jataí	Rio Verde	Mineiros	Chapadão do Céu
a	-35899.8	-4550.79	15294.46	38829.84
b	7428.817	7472.666	2604.925	1417.623
R^2	0.966798	0.922734	0.702876	0.458373
Produtividade				
a	1.278735	1.184144	1.484838	1.444026

b	0.05145	0.048192	0.043124	0.043988
R ²	0.856613	0.764254	0.802488	0.562452

Verifica-se que a produtividade dos municípios de Jataí, Rio Verde e Mineiros, no período de 1974 a 2017, aumentou de 1,20, 0,96, 1,30 ton.ha⁻¹ para 3,72, 3,50, 3,45 ton.ha⁻¹, respectivamente, e a produtividade de Chapadão do Céu, no período de 1993 a 2017, aumentou de 2,28 ton.ha⁻¹ para 3,32 ton.ha⁻¹. Em destaque cita-se a contribuição importante do incremento tecnológico durante o período, principalmente acarretado pelo desenvolvimento de cultivares mais resistentes aos solos distróficos do Cerrado, variedades suscetíveis a períodos longos de veranico, estabelecimento de práticas de manejo e conservação do solo, através do plantio direto, além de uma intensificação no uso de corretivos e adubação, construindo a fertilidade dos solos. (Figura 2). Com a estagnação da área plantada no sul e sudeste, na década de setenta, fortaleceu-se o crescimento da região de expansão, pois os paranaenses, gaúchos e os fazendeiros mato-grossenses adquiriram terras por preços inferiores aos do arrendamento de terra nas suas áreas de procedência (Sul do Brasil), também receberam os maiores incentivos fiscais, principalmente na região de Mato Grosso do Sul (Dourados) e na região do sudoeste de Goiás. Assim, a cultura da soja passou de um milhão de hectares em 1970 para doze milhões no final dos anos oitenta. Já a região do Centro-Oeste atingiu cinco milhões de hectares plantados em 1997 (MARIANO, 2011).

Observa-se ainda um incremento médio vertiginoso na área plantada dos municípios estudados, com destaque para Jataí e Rio Verde, com aumentos percentuais de 203.000 % e 103.101% nos últimos 43 anos. Já para períodos mais recentes de 1993 até 2017, encontrou-se valores percentuais respectivos para os municípios estudados: Jataí, 236%; Rio Verde, 235%; Mineiros 21,8% e Chapadão 14,9% de novas áreas cultivadas com soja. Portanto, se comparados com o crescimento percentual da produtividade de 210% e 264% para Jataí e Rio Verde respectivamente, a contribuição relativa na produção está fortemente ligada ao aumento das áreas, abertura de novas fronteiras agrícolas, e ocupação da cultura onde anteriormente se praticava a pecuária extensiva.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que o incremento na produção de soja para os municípios avaliados se deve em grande proporção ao aumento vertiginoso das áreas plantadas nos últimos 43 anos.

O desenvolvimento tecnológico tem fundamental importância na produtividade histórica para os municípios, no que tange ao aumento substancial na utilização de práticas de cultivo mínimo, da fertilidade construída dos solos do Cerrado, além do melhoramento vegetal com materiais mais resistentes aos climas e solos da região.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBOSA, A. S.; GOMES, H.; TEIXEIRA NETO, A **Geografia Goiás-Tocantins**. Goiânia: Editora UFG, 227 p., 1993.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A produtividade da Soja: Análise e perspectivas Brasília, v.10, **Compêndio de estudos Conab**. 2016.

FREITAS, M. C. M. Acultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.12; p. 12, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/V/Q>> Acesso em: 15 mai. 2019.

MARIANO, Z. F. Precipitações pluviais e a cultura da soja em Goiás (as rainfall and culture of soybean in Goiás). Mercator, Fortaleza-CE, v. 9, n. 1, p. 121 a 134, jan. 2011.

ORIGIN(PRO), Versão 9.0. **OriginLab Corporation**, Northampton, MA, EUA.

MONITORAMENTO DO CRESCIMENTO DE LINHAGENS DE AMENDOIM COM BASE DO NDVI E TEMPERATURA DO DOSEL

Pedro Henrique Magalhaes de Souza¹; Ana Laura Pereira Souza²; Danielle Fabíola Pereira da Silva³; Hildeu Ferreira da Assunção³

Autor para correspondência: pedrrromagalhaes@gmail.com

¹Discente no programa de pós-graduação em agronomia na Universidade Federal de Goiás-Regional Jataí,;

²Discente de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Goiás-Regional Jataí,; ³Professores na Agronomia na Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí, Jataí, Goiás

RESUMO

Como qualquer outra planta, o amendoim manifesta o seu estado de desenvolvimento ótimo através da sua folhagem (dossel). No entanto estas características indicadoras nem sempre são perceptíveis principalmente para um observador não familiarizado com essas observações. No sentido de padronizar estas respostas espectrais utilizam-se instrumentos, tais como GreenSeeker (Trimble) que registram a relação da diferença espectral normalizada entre a luz visível e o infravermelho, cuja variação vai de 0-1, na qual significa ausência de vegetação e 1 planta em estado ótimo e desenvolvimento pleno. Outro instrumento indicador do estresse da planta é o termômetro infravermelho portátil (temperatura sem contato), que afere a temperatura do dossel para detecção de estresse hídrico da planta. O objetivo com o presente trabalho foi monitorar o crescimento e desenvolvimento de linhagens de amendoim fazendo-se uso de instrumentos portáteis de NDVI e temperatura sem contato. Dentro do período de avaliação, observou-se que os índices de vegetação cresceram logisticamente de 0.45 aos 20 DAE a 0.88 aos 41 DAE. A temperatura média do dossel, para todas as linhagens, no período avaliado oscilou em torno de 30°C, com mínima de 24,5°C aos 34 DAE a 40,5 °C aos 48 DAE

PALAVRAS-CHAVE: Termometria infravermelha; índice de vegetação por diferença normalizada; análise de crescimento

GROWTH MONITORING OF PEANUT LINEAGES BASED ON NDVI AND CANOPY TEMPERATURE

ABSTRACT

Like any other plant, the peanut manifests its optimal state of development through its foliage (canopy). However these indicator characteristics are not always perceptible mainly to an observer unfamiliar with these observations. In order to standardize these spectral responses we use instruments such as GreenSeeker (Trimble) that record the normalized spectral difference between visible and infrared light, whose variation ranges from 0-1, which means no vegetation and 1 plant in optimal state and full development. Another important indicator of plant stress is the portable infrared thermometer (non-contact temperature), which affects the canopy temperature to detect plant water stress (GARCIA et al., 2000). The objective of the present work was to monitor the growth and development of peanut lines by using portable NDVI and non-contact temperature instruments. Within the evaluation period, vegetation rates increased logarithmically from 0.45 to 20 DAE at 0.88 at 41 DAE. The average canopy temperature for all strains in the evaluated period ranged from around 30 ° C, with a minimum of 24.5 ° C at 34 DAE at 40.5 ° C at 48 DAE.

KEY-WORDS: : Infrared thermometry; Normalized Difference Vegetation Index,; growth analysis.

INTRODUÇÃO

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é um parâmetro utilizado em sensoriamento remoto que permite acompanhar a sanidade de uma comunidade vegetal tendo como referência as refletâncias dentro do comprimento de onda vermelho (visível), complementadas pelos comprimentos de onda de infravermelho próximo (não visível). Esta relação é importante para qualificar tanto o estado nutricional quanto sanitário, que são indicadores da condição de estresse. Condizendo com o relato de Otto et al., (2011) de que o NDVI permite a detecção do estresse sofrido pela planta. Isso melhora a gestão podendo servir como indicador na tomada de decisão como, por exemplo, aplicação de fertilizantes, programação de irrigação e aplicação de reguladores de crescimento de planta (GAUTAM et al., 2016).

A temperatura do dossel é um grande indicador de estresse hídrico (GARCIA et al., 2000; FERNANDES, 2009). As plantas em condições de estresse apresentam temperaturas maiores, de aproximadamente 3° a 5 C° de diferença. Sendo assim, o NDVI quando associado a temperatura do dossel complementam uma análise do estado de desenvolvimento da planta.

O amendoim é uma oleaginosa muito consumida do Brasil devido a sua múltipla utilidade (in natura, óleo, biodiesel, ração animal, etc). Se destaca pelas suas relações econômicas, pois gera receita para região implantada, e sociais, pela geração de empregos diretos e indiretos (JOÃO et al., 2011). Esta cultura também tem sua importância ecológica, pois é uma leguminosa importante fixadora de Nitrogênio, o que reduz o uso de fertilizantes nitrogenados e a liberação de gases de efeito estufa (FLORENTINO et al., 2017).

Como qualquer outra planta, o amendoim manifesta o seu estado de desenvolvimento ótimo através da sua folhagem (dossel), de forma que uma planta saudável, bem nutrida e suficientemente hidratada apresenta coloração característica com verde intenso, que são indicadores da sua produtividade. No entanto estas características indicadoras nem sempre são perceptíveis principalmente para um observador não familiarizado com essas observações, uma vez que esses aspectos são dependentes da luminosidade ambiental, da temperatura da folhagem, e das condições de refletâncias no entorno e outros fatores alheio ao observador. No sentido de padronizar estas respostas espectrais utilizam-se instrumentos, tais como GreenSeeker (Trimble) que registram a relação da diferença espectral normalizada entre a luz visível e o infravermelho, cuja variação vai de 0-1, na qual significa ausência de vegetação e 1 planta em estado ótimo e desenvolvimento pleno. Outro instrumento indicador do estresse da planta é o termômetro infravermelho portátil (temperatura sem contato), que afere a temperatura do dossel para detecção de estresse hídrico da planta (GARCIA et al., 2000).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo com o presente trabalho foi monitorar o crescimento e desenvolvimento de linhagens de amendoim fazendo-se uso de instrumentos portáteis de NDVI e temperatura sem contato.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental do Centro Integrado de Agroecologia - CVT-CIAgro, localizada no Campus Jatobá da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí. O ensaio foi conduzido, sob sistema orgânico, em um Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), preparado convencionalmente sob cultivo de *Crotalaria spp*. A adubação base foi efetivada com termofosfato, na proporção de 1600 kg/ha, distribuído a lanço e salitre do Chile (250 kg/ha equivalente) aplicado no sulco de plantio.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos (linhagens de amendoim) e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas linhagens de amendoim: 15 265 OL, 15 505 OL, BRS 421 OL, BRS 423 OL, BRS 425 OL.

A parcela experimental foi constituída por quatro fileiras de 3 m de comprimento, onde as sementes foram semeadas manualmente com densidade de 12 sementes/m, em sulcos de 7 cm de profundidade espaçados de

90 cm. O ensaio foi conduzido sob regime de sequeiro, cujos tratos culturais foram realizados seguindo princípios agroecológicos.

A partir do vigésimo dia após a emergência (20 DAE) iniciaram as medidas semanais com o NDVI utilizando-se o instrumento Trimble Espectrômetro Portátil Greenseeker, bem como da temperatura do dossel com o instrumento Termômetro infravermelho InfraRed Thermometer - ICEL TD 961. Para ambos instrumentos foram realizadas duas leituras por parcela experimental, tomadas a 35 cm de altura do dossel. As leituras se estenderam até os 70 DAE, período no qual as plantas entraram na fase de enchimento de grãos. Os dados de NDVI e temperatura do dossel, deste período, foram correlacionados com o rendimento final, no sentido de verificar a dependência da produtividade sobre os indicadores de estresse das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro do período de avaliação, observou-se que os índices de vegetação cresceram logisticamente de 0.45 aos 20 DAE a 0.88 aos 41 DAE. A linhagem IAC OL3, partir deste período, permaneceu praticamente estável em 0.9 até aos 70 DAE. As demais linhagens apresentaram comportamento semelhante, porém com menor índice de vegetação inicial. Apesar disso a linhagem IAC OL3 não manteve a mesma estabilidade após os 41 DAE. Fato este comprovado pela correlação do NDVI e o rendimento (Figura 1). As plantas foram colhidas aos 130 DAE com destaque para os rendimentos das linhagens BRS-425 OL com rendimento de 2527.70 kg. ha⁻¹ e 15-505 OL com rendimento de 2160.95 kg. ha⁻¹, corroborado pelos dados do NDVI de 0.907 e 0.908, respectivamente.

De uma forma geral esse processo se manifestou em praticamente em todas as linhagens exceto a 15-505 OL que apresentou queda no índice de vegetação logo após os 55 DAE, mas que aumentou após esse período de estresse. Isso pode ser explicado por várias causas uma delas associada a doença comum do amendoineiro, a pinta preta, que apresentou alto grau de severidade, mas que num momento de baixa pressão essa linhagem conseguiu se recuperar como, por exemplo, emitindo novas folhas refletindo em produção.

A temperatura média do dossel, para todas as linhagens, no período avaliado oscilou em torno de 30°C, com mínima de 24,5°C aos 34 DAE a 40,5 °C aos 48 DAE.

A partir dos 48 DAE notou-se que a temperatura do dossel sofreu um decréscimo linear com o tempo, saindo de 40°C para 23°C, até aos 63 DAE e retomou o crescimento aos 70 DAE, chegando a 30°C. Possivelmente essa inversão da temperatura do dossel neste intervalo esteja ligado ao estresse hídrico ou a manifestação, ainda oculta, de alguma doença foliar, reforçado pela instabilidade do NDVI a partir desse ponto. Os dados da temperatura obtidos semanalmente não apresentaram relação direta com o rendimento do amendoineiro, nem foram suficientes para perceber o momento de estresse.

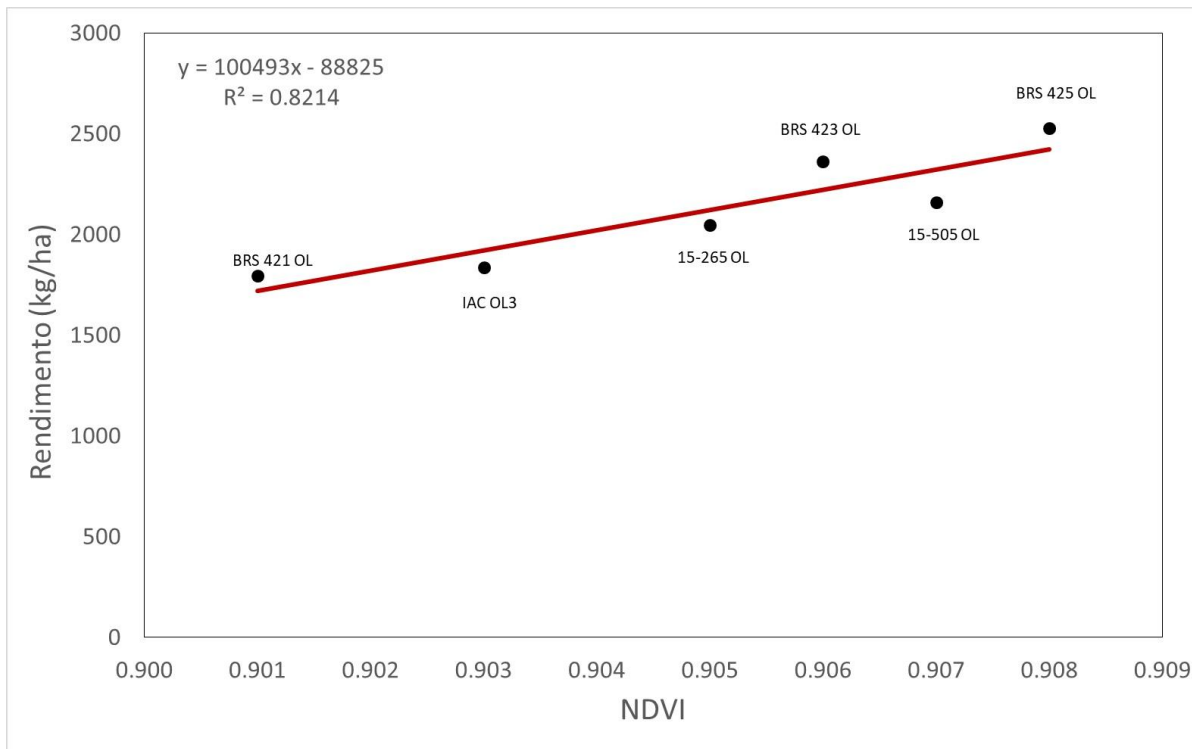


Figura 1. Correlação entre o rendimento e o NDVI, aos 48 DAE.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O NDVI portátil é um instrumento adequado para o monitoramento deste tipo de cultura, uma vez se correlacionou positivamente com o rendimento das linhagens de amendoim.

O NDVI também pode se correlacionar com os estados de estresse como, exemplo, nutricional, de sanidade e hídrico com o rendimento da cultura.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

DE SOUZA JOÃO, I., LOURENZANI, W. L. Análise SWOT do sistema agroindustrial do amendoim na região de Tupã e Marília–SP. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 13, n. 2, 2011. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Inocula%C3%A7%C3%A3o+e+aplica%C3%A7%C3%A3o+de+diferentes+doses+de+nitro%C3%A9nio+na+cultura+do+feijoeiro&btnG=. Acesso em: 13 Jun. 2019.

FERNANDES, E. J. Determinação do índice de estresse hídrico em cultura do feijoeiro com termômetro de infravermelho. **Irriga**, p. 248-257, 2010. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Determina%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%ADndice+de+estresse+h%C3%ADrico+em+cultura+do+feijoeiro+com+term%C3%B4metro+de+infravermelho&btnG=. Acesso em: 13 Jun. 2019.

FLORENTINO, LIGIANE A., JUNIOR KLESO S. F., FILHO MARIO V. P., OLIVEIRA T.É. DE., SOUZA F.R. C., SILVA A.B. Inoculação e aplicação de diferentes doses de nitrogénio na cultura do

feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 91-100, 2018. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16769> Acesso em: 13 Jun. 2019.

GARCIA, A.; ANDRE, R.G.B.; FERREIRA, M.I.; PAÇO, T. Comparação de modelos para avaliação do estresse hídrico em cultura de nectarinas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.43-48, 2000. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=Hydrological+differentiation+and+spatial+distribution+of+high+altitude+wetlands+in+a+semi-arid+Andean+region+derived+from+satellite+data&btnG= Acesso em: 13 Jun. 2019.

GAUTAM K.A., BECTOR V., SINGH V., SINGH M. Kothawale Anil et al. Spectral Analysis for Monitoring Crop Growth Using Tractor Mounted Spectroradiometer and Hand Held Greenseeker In Cotton. **Scientific Journal**. 2016. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=Analysis+for+Monitoring+Crop+Growth+Using+Tractor+Mounted+Spectroradiometer+and+Hand+Held+Greenseeker+In+Cotton&btnG=. Acesso em: 13 Jun. 2019.

OTTO, M.; SCHERER, D.; RICHTERS, J. Hydrological differentiation and spatial distribution of high altitude wetlands in a semi-arid Andean region derived from satellite data. **Hydrology and Earth Systems Science**, 15, p. 1713-1727, 2011. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=Hydrological+differentiation+and+spatial+distribution+of+high+altitude+wetlands+in+a+semi-arid+Andean+region+derived+from+satellite+data&btnG=. Acesso em: 13 Jun. 2019.

INDICADORES ECONÔMICOS DA CULTURA DA CEBOLA NA REGIÃO DE IRECÊ NO MUNICÍPIO DE AMÉRICA DOURADA-BA

Joabe Santos Sousa Peixoto¹; Hemilly Cristina Menezes de Sá²; Edwin Thawan Andrade Prado¹; Maisa Silva Menezes¹; Otávio César Taveira Déda¹
Autor para correspondência: joabe.120@hotmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe; ²Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça bastante apreciada pela população brasileira, sendo bastante utilizada in natura, no preparo de alimentos em todas as regiões brasileiras. Este trabalho teve como objetivo determinar os custos operacionais envolvidos na cultura da cebola no município de América Dourada-Ba, região de Irecê bem como os indicadores econômicos de lucratividade, relação benefício/ custo e margem de segurança. O trabalho foi desenvolvido adotando-se a metodologia de estudo de caso, através de entrevista ao produtor e aplicação de questionários, contendo questões semiestruturadas. Dentre os custos operacionais variáveis os insumos mostram-se como os gastos mais onerosos com 92% dos custos operacionais totais. Na avaliação dos resultados apresentados observa-se uma relação benefício/custo de R\$ 2,35, ponto de nivelamento de 58.288,27 Kg.Ha⁻¹ e margem de segurança de - 0,57. A produção de cebola na região de América Dourada- BA apresenta resultados satisfatórios, permitindo a geração de renda e um retorno financeiro acima do custo oportunidade.

PALAVRAS-CHAVE: custo operacional; Allium; lucratividade

ECONOMIC INDICATORS OF ONION CULTURE IN THE REGION OF IRECÊ IN THE MUNICIPALITY OF AMÉRICA DOURADA-BA

ABSTRACT

The onion (*Allium cepa* L.) is a vegetable very appreciated by the Brazilian population, being widely used in natura, in the preparation of food in all Brazilian regions. The objective of this work was to determine the operational costs involved in onion cultivation in the municipality of América Dourada-Ba, Irecê region, as well as the economic indicators of profitability, benefit / cost ratio and safety margin. The work was developed adopting the methodology of case study, through interview to the producer and application of questionnaires, containing semi-structured questions. Among the variable operating costs, the inputs are shown as the most costly expenses with 92% of total operating costs. In the evaluation of the results presented, a benefit / cost ratio of R \$ 2.35, leveling point of 58.288,27 Kg.Ha⁻¹ and safety margin of - 0.57 was observed. Onion production in the region of América Dourada-BA presents satisfactory results, allowing the generation of income and a financial return above the opportunity cost.

KEY-WORDS: operational cost; Allium; profitability

INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) dentre as várias espécies olerícolas cultivadas pertencentes ao gênero *Allium* é a mais importante sob o ponto de vista de volume de consumo e valor econômico. De acordo com a FAO,

produção mundial de cebola foi de aproximadamente 88,5 milhões de toneladas em 2014, sendo a China o maior produtor mundial com produção de 22.546.590 t, seguido da Índia e Estados Unidos, e o Brasil ocupou a nona posição no ranking mundial (FAOTATS, 2014).

Na Bahia a região que mais se destaca é a região de Irecê que é composta por 20 Municípios: América Dourada, Barra do Mendes, Barro Alto, Cafarnaum, Canarana, Central, Centil do Ouro, Ibipeba, Ibititá, Ipuiara, Irecê, Itaguaçu da Bahia, João Dourado, Jussara, Lapão, Mulungu do Morro, Presidente Dutra, São Gabriel, Ubaí e Xique-Xique.

Na região de Irecê, a produção costuma ser mais elevada, devido ao uso de tecnologias nas lavouras e ao clima favorável, fechando na média de 94,7 t/ha, muito acima da média nacional que é de 20 t/ha. O alto investimento tecnológico no sistema de produção, a utilização de sementes com alta produtividade, adubação associada com a fertirrigação, são as razões que os produtores justificam para essa alta produtividade.

O impacto econômico da produção de cebola na região de Irecê é muito grande gerando renda e emprego na região, cuja economia é fundamentada na agricultura e comércio, principalmente agricultura quando se trata do município de América Dourada, município menos desenvolvido comparado às cidades em seu entorno, como João Dourado e Irecê.

Visto que, o cultivo da cebola vem se desenvolvendo bastante na região, apesar da cultura no geral exigir um investimento alto, se comparado ao cultivo de outras hortaliças, a realização deste trabalho tem como objetivo determinar os custos operacionais envolvidos na cultura da cebola no município de América Dourada-Ba, região de Irecê bem como os indicadores econômicos de lucratividade, relação benefício/ custo e margem de segurança.

OBJETIVOS DO TRABALHO

A realização deste trabalho tem como objetivo determinar os custos operacionais envolvidos na cultura da cebola no município de América Dourada-Ba, região de Irecê bem como os indicadores econômicos de lucratividade, relação benefício/ custo e margem de segurança.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de América Dourada-BA, região de Irecê através de entrevistas ao produtor e aplicação de questionários semiestruturado, que permitissem a identificação das atividades desenvolvidas e os custos envolvidos em todo o processo produtivo.

Para a análise econômica, utilizou-se a produtividade cebola por hectare. A partir da mesma foi estimada a receita bruta e receita líquida, levando em consideração o preço de venda local da cultura. Para tanto, utilizou-se as seguintes fórmulas:

$$\text{RECEITA BRUTA} = \text{PRODUTIVIDADE} \times \text{PREÇO}$$

Onde;

Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

Produtividade; Kg ha⁻¹

Preço/Kg; R\$ Kg

A obtenção do custo total (CT) está baseada na teoria dos custos de produção, sendo conceituada como a soma de valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo, incluindo o custo de oportunidade, sendo o calculado através da seguinte fórmula:

$$CT = COT + CO$$

Onde:

CT – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

COT – Custo Operacional Total; R\$ ha⁻¹

CO – Custo Oportunidade; R\$ ha⁻¹

O custo de oportunidade foi utilizado para avaliar se a produção de cebola foi a melhor alternativa viável para o produtor, sendo o custo de oportunidade calculado através de a fórmula a seguir:

$$CO = PT \times T$$

Onde:

CO – Custo Oportunidade; R\$ ha⁻¹

PT – Patrimônio; R\$

T – Taxa de Juros; %

Os custos foram classificados em fixos e variáveis. Onde custos fixos são aqueles correspondentes aos recursos que têm duração superior ao curto prazo, nesta categoria se enquadraram utilização da terra, benfeitorias, máquinas, equipamentos, impostos e taxas fixas. Na estimativa da depreciação, no ensaio optou-se pelo método linear. Os custos variáveis em contrapartida foram gastos relativos com o desenvolvimento direto da cultura tais como: mão-de-obra, serviços de máquinas, sementes, adubações, tratamentos culturais, equipamentos, entre outros.

Para avaliação econômica da produção de cebola no município de América Dourada, região de Irecê, analisou-se a relação custo x benefício, estimado através da seguinte fórmula:

$$C \times B = \text{RECEITA BRUTA} / \text{CUSTO TOTAL}$$

Onde;

C x B – Relação Custo x Benefício

Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

Foi avaliado o ponto de nivelamento da produção, ou seja, quanto o produtor deve produzir para sua receita igualar aos custos, e para tanto a seguinte fórmula foi utilizada:

$$PN = \text{CUSTO TOTAL} / \text{PREÇO}$$

Onde;

PN – Ponto de Nivelamento

CT – Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

Preço/Kg; R\$ Kg

Avaliou-se o quanto que o preço ou a produtividade poderiam reduzir, sem que o produtor tivesse prejuízo, ou seja, a margem de segurança, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$MS = (\text{CUSTO TOTAL} - \text{RECEITA BRUTA}) / \text{RECEITA BRUTA}$$

Onde;

MS – Margem de Segurança

Custo Total de Produção; R\$ ha⁻¹

Receita Bruta; R\$ ha⁻¹

Para efeito de análise do custo alternativo dos recursos produtivos, considerou-se a taxa de juros real de 7% ao ano. Os dados obtidos foram analisados por meio de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste ensaio obteve-se o custo operacional total (COT) de R\$ 30.493,33, como pode ser observado na tabela 1. Analisando os COT, nota-se que a expressão do custo operacional variável(COV) representando 92% COT.

A CONAB Companhia Nacional de Abastecimento avaliou-se o custo de produção estimado na safra 2017/2018 em São José do Norte- RS, apresentando percentual de custos variáveis (COV) semelhante ao obtido neste ensaio (tabela 2). Os valores em porcentagens do COV apresentam se de forma análoga entretanto quando analisamos em valores monetários o deste ensaio apresenta superioridade em R\$ 11.314,72.

A superioridade dos COV pode ser explicada pelos custos envolvidos com sementes,

adubo mineral e energia uma vez que o cultivo na região de Irecê utiliza sementes melhoradas geneticamente (sementes híbridas) que asseguram maior produtividade, assim como um gasto elevado na adubação. Destaca-se que para a este ultimo não há acompanhamento técnico nem mesmo análise de solo para balizar esta operação.

Tabela 1 Custo de produção estimado de um hectare de cebola *cultivar Tayla F1 ciclo 110 dias* no município de América Dourada- BA

SERVIÇOS						
	Quantidade	Unidade	Valor unitário	R\$/ha	R\$/kg	Participação (%)
Aração	2,50	Horas	R\$ 100,00	R\$ 250,00	R\$ 0,00	1%
Gradagem	2,00	Horas	R\$ 80,00	R\$ 160,00	R\$ 0,00	1%
Preparo dos sulcos	4,00	Horas	R\$ 150,00	R\$ 600,00	R\$ 0,00	2%
Capina manual	30,00	dia/homem	R\$ 45,00	R\$ 1.350,00	R\$ 0,01	4%
Pulverização	10,00	dia/homem	R\$ 75,00	R\$ 750,00	R\$ 0,01	2%

Colheita	4.166,67	Sacos	R\$ 1,00	R\$ 4.166,67	R\$ 0,03	14%
INSUMOS						
Sementes	12,00	Pacote	R\$ 630,00	R\$ 7.560,00	R\$ 0,06	25%
Adubo mineral	72,00	Sacos	R\$ 70,00	R\$ 5.040,00	R\$ 0,04	17%
Micronutrientes (Boro e Zinco)	40,00	Litros	R\$ 15,00	R\$ 600,00	R\$ 0,00	2%
Fungicida	5,00	Litros	R\$ 120,00	R\$ 600,00	R\$ 0,00	2%
Inseticidas	5,00	Litros	R\$ 40,00	R\$ 200,00	R\$ 0,00	1%
Espalhante adesivo	3,00	Litros	R\$ 60,00	R\$ 180,00	R\$ 0,00	1%
Energia	3,00		R\$ 2.200,00	R\$ 6.600,00	R\$ 0,05	22%
TOTAL CUSTO VARIÁVEL				R\$ 28.056,67	R\$ 0,22	92%
Depreciação				R\$ 2.426,67	0,02	8%
ITR				R\$ 10,00	0,00	0%
TOTAL CUSTO FIXO				R\$ 2.436,67	0,02	8%
CUSTO OPERACIONAL TOTAL				R\$ 30.493,33	0,24	100%
Custo oportunidade de terra				R\$ 3.000,00	0,02	
Custo oportunidade capital investido				R\$ 982,33	0,01	
CUSTO TOTAL				R\$ 31.475,67	0,25	
INDICADORES						
Receita	123.750	Kg	R\$ 0,58	R\$ 71.775,00		
Lucro Operacional				R\$ 41.281,67		
Lucro Total				R\$ 40.299,33		
Lucratividade				56%		
Benefício/custo				R\$ 2,35		
Margem de segurança				-0,56		

Tabela 2 Custo de produção estimado de um hectare de cebola, agricultura familiar, safra 2017/2018 em São José do Norte (RS).

DISCRIMINAÇÃO	R\$/ha	R\$/1 kg	(%)

I - DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA			
1 - Aluguel de máquinas/serviços	3.270,00	0,17	18,05%
2 - Operações com animais próprios	75,60	0,00	0,42%
3 - Mão-de-obra temporária	5.250,00	0,27	28,97%
4 - Administrador Rural	64,00	0,00	0,35%
5 - Sementes	1.140,00	0,06	6,29%
6 – Fertilizantes	2.796,50	0,14	15,43%
7 - Agrotóxicos	2.326,03	0,08	12,84%
TOTAL DAS DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)	14.922,13	0,72	82,35%
II - DESPESAS PÓS-COLHEITA			
1 - Seguro agrícola	14,00	0,00	0,08%
2 - Assistência técnica	20,00	0,00	0,11%
3 - Despesas administrativas	4,20	0,00	0,02%
4 - Transporte externo	0,00	0,00	0,00%
5 – Armazenagem	0,00	0,00	0,00%
6 – CESSR	828,00	0,04	4,57%
7 – Impostos	0,00	0,00	0,00%
8 – Taxas	0,00	0,00	0,00%
Total das Despesas Pós-Colheita (B)	866,20	0,04	4,78%
III - DESPESAS FINANCEIRAS			
1 – Juros	953,62	0,05	5,26%
Total das Despesas Financeiras (C)	953,62	0,05	5,26%
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C = D)	16.741,95	0,81	92,40%
IV - DEPRECIACIONES			
1 - Depreciação de benfeitorias/instalações	1.335,00	0,07	7,37%
2 - Depreciação de implementos	0,00	0,00	0,00%
3 - Depreciação de máquinas	12,72	0,00	0,07%
4 - Depreciação de animais	0,00	0,00	0,00%
Total de Depreciações (E)	1.347,72	0,07	7,44%

V - OUTROS CUSTOS FIXOS			
1 - Manutenção periódica de benfeitorias/instalações	0,00	0,00	0,00%
2 - Encargos sociais	29,18	0,00	0,16%
3 - Seguro do capital fixo	0,48	0,00	0,00%
Total de Outros Custos Fixos (F)	29,66	0,00	0,16%
Custo Fixo (E+F = G)	1.377,38	0,07	7,60%
CUSTO OPERACIONAL (D+G = H)	18.119,33	0,88	100,00%
GESTÃO DA PROPRIEDADE FAMILIAR			
1 - Serviços de gerenciamento da propriedade	64,00	0,00	1,19%
2 - Despesas administrativas	4,20	0,00	0,08%
3 - Mão-de-obra-familiar	5.250,00	0,27	97,33%
4 - Operação com animais próprios	75,60	0,00	1,40%
<i>Elaboração: CONAB/DIPAI/SUINF/GECUP</i>			

Avaliando a produtividade este ensaio obteve 125.000 Kg.Ha⁻¹ enquanto os dados da CONAB apresentam 20.000 Kg.Ha⁻¹. A diferença conseguida na região de Irecê pode ser explicada pelos gastos superiores nos COV, uma vez que o maior investimento em sementes e adubação assegura maior produtividade justificando o maior investimento.

O maior investimento na região de Irecê garante maior lucratividade uma vez que a mesma alcançou 56% (tabela 1) para esta variável, o que significa que de toda a receita bruta obtida na comercialização da cebola 56% ficam com o produtor.

Observa-se uma relação benefício/custo de R\$ 2,35 representando que a cada R\$ 1,00 investido no cultivo da cebola há um retorno de R\$ 2,35. Já o ponto de nivelamento, ou seja, quanto o produtor deve produzir para sua receita igualar aos custos, 58.288,27 Kg.Ha⁻¹ da produtividade obtida 125.000 Kg.Ha⁻¹ 58.288,27 Kg.Ha⁻¹ são para pagar os custos de produção. A margem de segurança foi de -0,57 representando que o preço de venda ou a produtividade podem cair em 57% para sua receita igualar aos custos de produção.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O cultivo da cebola no município de América Dourada-BA, apresentou custo operacional total de R\$ 30.493,33 por hectare, e custo total unitário de R\$ 0,25 kg.

Os insumos representam 92% do custo operacional total, decorrentes do custo da semente, seguidos da energia e da adubação.

Os indicadores econômicos obtiveram os valores: relação benefício/custo de R\$2,35; margem de segurança -0,57 e ponto de nivelamento de 58.288,27 kg/hectare.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, R. C. Custos. In: COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. (Ed.). Cultivo da cebola no nordeste. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. (Sistemas de Produção, três). Disponível em: http://www.cpstsa.embrapa.br/sistema_producao/spcebola/custos.htm

Acesso em 13 jan. 2018.

BOEING G. 2002. Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense. Florianópolis: Instituto CEPA-SC. 88 p

BOTREL, N.; OLIVEIRA, V. R. Cultivares de cebola e alho para processamento Embrapa Hortaliças, 2012

CATÁLOGO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, EMBRAPA HORTALIÇAS/ SEBRAE ,Brasília- DF, 2010. 23p .Disponível em: www.sebrae.com.br/setor/horticultura.

CARVALHO, V. de. Características nutricionais, industriais e terapêuticas de cebola. Inf Agropec, v.6, n.62, p. 71-78, 1980.

CECÍLIO FILHO AB; MAY A; PÔRTO DRQ; BARBOSA JC. 2009. Crescimento da cebola em função de doses de nitrogênio, potássio e da população de plantas em semeadura direta. Horticultura Brasileira 27: 049-054.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2010. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 13 de jan. 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 2008. 421 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B. Manual de entomologia agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. 524 p.

GUIMARÃES DR; TORRES L; DITTRICH RC. 1997. Viabilidade técnica da semeadura direta para a cultura da cebola. Agropecuária Catarinense 10: 57-61.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA .LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Março de 2017. Disponível: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/16c533c6d1ed32cfb3ede1f31829c44f.pdf. Acesso em 04/01/2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=291460> , acesso em 20, dezembro 2017as 14:30hrs

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, v. 36, 2010.

IBGE. Produção agrícola municipal. In: Dowload. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/dowload>. Acesso em Janeiro, 2018

MASCARENHAS, M. H. T. Origem e botânica da cebola. Inf Agropec, v. 6, n. 62, p. 15-16, 1980.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W.L.C; SILVA, H. R. Irrigação por Aspersão em Hortaliças, Brasília: EMBRAPA, 2008. 150 p.

MENGEL K; KIRKBY EA. 1987. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute. 687p.

MORETTI, C.L. Colheita e manuseio pós colheita da cebola. In: Série sistemas de produção, volume 5, Embrapa Hortaliças, Brasília-DF. Versão eletrônica (www.cnph.embrapa.br), dezembro 2004.

NEPA/UNICAMP, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome, Ministério da Saúde, Universidade Campinas

TACO Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - 4a Edição revisada e ampliada - 2011. UNICAMP, Campinas. Junho de 2011. Disponível: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Acesso em 12/06/2012

ROESCH, S. M. A. Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudo de caso. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SATURNINO, H. M., CRUZ FILHO, I. da Doença da cebola. Inf Agropec, v. 6, n. 62, p. 47-59, 1980.

VIDIGAL SM; PEREIRA PRG; SEDIYAMA CS; SEDIYAMA MAN; FONTES PCR. 2000. Produção de cebola influenciada por doses, fontes e parcelamento de nitrogênio em diferentes épocas de cultivo no verão. Horticultura Brasileira 18: 814-815.

VIELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V.R.; COSTA, N.D.; MASAIL, J.C.M; CAMARGO FILHO, W.; BOEING, G; MELO, P.C.T. Desafios e o oportunidades para o agronegócio de cebola no brasil. Horticultura brasileira, Brasília, v23, n 4, p.1029-1033, out-dez 2005.

CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE BOVINOS LEITEIROS EM BARREIRAS-BA

Weverson Lustoza Almeida¹; Leticia da Silva Menezes²; Marcos Antonio Vanderlei Silva; Charles Cardoso Santana; Silas Alves Souza

Autor para correspondência: weversonlustoza@gmail.com

¹Discente de Engenharia Agrônômica na UNEB-DCH/Campus IX, Barreiras; ²Engenheira Agrônoma formada na UNEB-DCH/Campus IX, Barreiras, Bahia; ³Professor de Engenharia Agrônômica na UNEB-DCH/Campus IX, Barreiras, Bahia; ⁴Discente no Doutorado em Agronomia na UnB, Brasília, Distrito Federal; ⁵Discente no Mestrado em Engenharia Agrícola na UFV, Viçosa, Minas Gerais

RESUMO

O estudo objetivou avaliar a influência das variáveis climáticas no conforto térmico e no desempenho produtivo de bovinos leiteiros no município de Barreiras-Ba, caracterizando as condições térmicas do ambiente de produção, identificando os períodos críticos de conforto dos animais e avaliando os efeitos do estresse calórico no desempenho produtivo de vacas leiteiras. Foi utilizada uma série de dados do período de 2007 a 2016. Foram obtidos dados de temperatura e umidade relativa do ar (UR) oriundo da estação meteorológica do INMET. Com base nos dados meteorológicos foram estimados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). A partir do seu desdobramento, foram estimados os dados de declínio da produção de leite (DPL) para 5 níveis de produção (10, 15, 20, 25 e 30 kg/animal/dia) e os valores de redução do consumo alimentar (RCA). No período de setembro a março apresenta valores médios do Índice de Temperatura e Umidade considerados de alerta e perigo, com valores acima de 75. Com base nos resultados tem-se que as condições de temperatura e umidade relativa do ar durante os meses de junho, julho e agosto proporcionam ambiente térmico para se garantir uma maior produtividade de leite na região. O estresse por calor leva uma redução de 10 a 15% na ingestão de alimentos, sendo o mês de outubro o mais crítico, alcançando valores de RCA de até 2kg animal/dia. O declínio de produção de leite se concentra nos meses de outubro e novembro, chegando em uma perda de aproximadamente 4 kg/dia de leite em animais com níveis de produção de 30kg/dia.

PALAVRAS-CHAVE: Bioclimatologia animal; ITU; DPL

THERMAL COMFORT AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF DAIRY CATTLE IN THE MUNICIPALITY OF BARREIRAS-BA

ABSTRACT

The influence of climatic variables on the thermal comfort and the productive performance of dairy cattle in the municipality of Barreiras-Ba was evaluated, characterizing the thermal conditions of the production environment, identifying critical periods of animal comfort and evaluating the effects of caloric stress on the productive performance of dairy cows. A series of data from the period 2007 to 2016 was used. Air temperature and relative humidity (RH) data were obtained from the INMET meteorological station. Based on the meteorological data the Temperature and Humidity Index (THI) were estimated. From its unfolding, milk production decline data (MPD) were estimated for 5 production levels (10, 15, 20, 25 and 30 kg / animal / day) and the values of reduction of food consumption (RFC). In the period from September to March it presents average values of the Temperature and Humidity Index considered to be alert and dangerous, with values above 75. Based on the results it is observed that the conditions of temperature and relative humidity of the air during the months of June, July and August provide a thermal environment to ensure a higher milk yield in the region. Heat stress leads to a 10 to 15% reduction in food intake, with

October being the most critical, reaching RFC values of up to 2kg animal / day. The decline in milk production is concentrated in the months of October and November, resulting in a loss of approximately 4 kg / day of milk in animals with production levels of 30 kg / day.

KEY-WORDS: Animal bioclimatology; THI; MPD

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite pode ser afetada direta ou indiretamente pela variação do clima, um dos fatores limitantes ao bem-estar animal e produtividade na região Oeste da Bahia.

O Estado da Bahia possui o quarto maior rebanho de bovinos de leite do Brasil, porém, ocupa o sétimo lugar no ranking nacional de produção de leite (IBGE, 2017). Neste contexto, a região Oeste da Bahia possui um grande potencial para expansão desta atividade, devido à grande disponibilidade de áreas, grãos e resíduos agroindustriais fornecido aos animais (QUADROS E SILVA, 2008). Para tanto, um dos desafios na produção de gado de leite consiste em determinar o que, quando e como corrigir um determinado bioclima, possibilitando a sugestão de um diagnóstico térmico da localidade através da sistematização dos dados climáticos por meio de índices de conforto térmico, havendo uma comparação com as exigências dos animais para se determinar os limites de aceitabilidade ambiental e suas possíveis correções. Uma vez que a região é caracterizada por apresentar condições climáticas de altas temperaturas e elevada umidade, para algumas épocas do ano, que causariam estresse nos animais e por consequência diminuição de s produções.

A interferência de fatores ambientais em torno do animal é uma das principais causas que tem limitado a produção de bovinos. Conforme descrito no estudo realizado por Pinheiro et al. (2015), fatores ambientais externos e o microclima exercem efeitos diretos e indiretos sobre a produção de bovinos de leite, podendo acarretar na redução na produtividade, com consequentes prejuízos econômicos, devido à grande variação de microclimas e grande diversidade de raças produtoras de leite. Para se obter uma eficiente produtividade o animal precisa ser submetido a um ambiente com condições climáticas adequadas para que seu metabolismo funcione corretamente e converta potencialmente o alimento em produção. Desta forma, na busca de melhorar a eficiência na exploração pecuária, deve-se considerar a interação entre o animal e o ambiente, pois o conhecimento das variáveis climáticas e sua ação sobre o comportamento e a fisiologia dos animais são indispensáveis na adequação do sistema de produção para alcançar os objetivos da atividade pecuária.

As vacas leiteiras, assim como todos os demais ruminantes são classificados como animais homeotérmicos, apresentando mecanismos fisiológicos que se destinam a manter a temperatura corporal dentro dos limites da termoneutralidade ou zona de conforto térmico (FERRO; SANTOS; COELHO, 2012). Dentro da climatologia animal, tem-se vários índices desenvolvidos para se avaliar o conforto térmico dos animais em função ao ambiente. O índice de temperatura e umidade (ITU) é o mais utilizado para avaliação de animais alojados, sejam estes produtores de carne, leite ou ovos. Apesar de existirem índices de conforto térmico mais completos que o ITU, esse tem sido muito utilizado por envolver apenas informações meteorológicas normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados obtidos a partir de imagens de satélite.

Sendo a pecuária uma das atividades econômicas dependente de condições climáticas favoráveis e altamente sensível a variações de clima, a caracterização dessas condições torna-se relevante na análise dos impactos e na busca das possíveis soluções. Pois a correta interpretação do ITU, e seus desdobramentos, pode auxiliar na escolha das medidas mais adequadas para a atenuação dos efeitos do estresse por calor (COSTA et al., 2015; BERMAN et al, 2016). Dessa forma, o avanço no desenvolvimento dos índices de conforto e desconforto térmico, tem propiciado avanços significativos na definição de estratégias de controle do ambiente térmico e de manejo dos animais quando criados em ambientes externos, seja no dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento, bem como na definição de estruturas de sombreamento artificial ou na definição da vegetação em ambientes externos (ELISA, 2008).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a influência das variáveis climáticas no conforto térmico e no desempenho produtivo de bovinos leiteiros no município de Barreiras-Ba, caracterizando as condições térmicas do ambiente de produção, identificando os períodos críticos de conforto dos animais e estimando os efeitos do estresse calórico no desempenho produtivo de vacas leiteiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Barreiras-BA, localizado na mesorregião do Extremo Oeste da Bahia, geograficamente localizada na latitude 12° 09' 10" S e longitude 44° 59' 24" W, com altitude de 452 metros em relação ao nível do mar. O clima regional é classificado segundo Köppen como Aw, ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18° C.

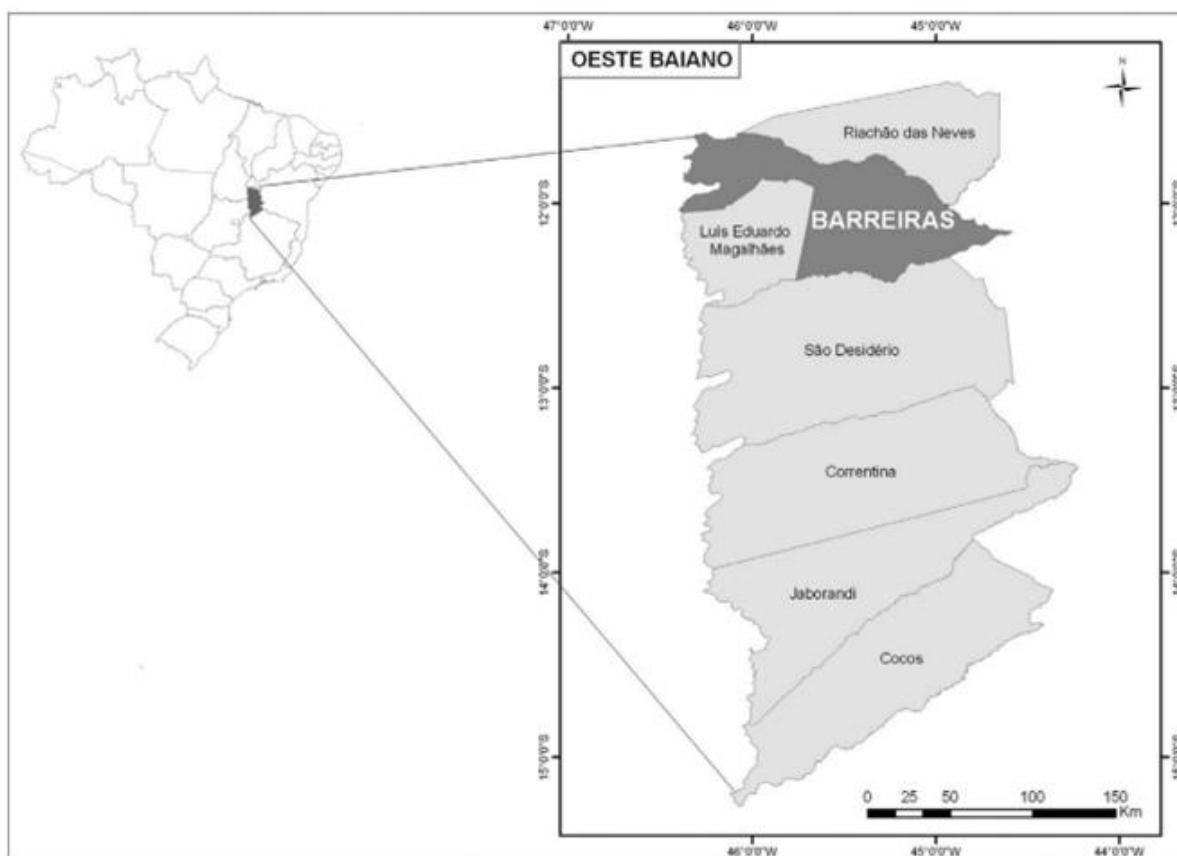


Figura 1. Localização do Município de Barreiras-BA. Fonte: EMBRAPA CERRADO (2010)

Foi utilizada uma série de dados, do período de 2007 a 2016, das variáveis temperatura e umidade relativa do ar, oriunda da estação meteorológica automática pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Cálculo de índice de temperatura e umidade (ITU)

A partir dos dados meteorológicos foram estimados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) conforme a equação proposta por Buffington et al. (1981), adaptada por Klosowski et al. (2002):

$$ITU = Tbs + (0,36 * Tpo) + 41,2 \quad \text{Eq. (79)}$$

Onde, Tbs é a temperatura de bulbo seco (°C) e Tpo a temperatura do ponto de orvalho (°C).

Para a análise e caracterização da ocorrência de períodos críticos, foi utilizada a classificação proposta por Rosenberg et al. (1983), adaptada por Martello (2006) onde são considerados ITU conforme as amplitudes da tabela abaixo:

Tabela 1. Classificação de desconforto térmico com base no ITU (índice de temperatura e umidade) proposta por Martello (2006).

Intervalos de ITU	Classificação
< 72	Normal
75 – 78	Alerta
79 – 83	Perigo
> 84	Emergência

Cálculo de declínio de produção de leite (DPL)

Para a análise da perda de produção de leite, com base nos valores obtidos do ITU, estimou-se o declínio absoluto da produção de leite (DPL), conforme a equação proposta por Berry et al. (1964), adaptada por Hahn (1993).

$$DPL = -1,075 - (1,736 * NP) + (0,02474 * NP * ITU) \quad \text{Eq. (80)}$$

Onde DPL é o declínio absoluto da produção de leite, kg/vaca/dia; NP o nível normal de produção de leite, kg/vaca/dia e ITU é o valor médio diário do índice de temperatura e umidade.

Em que NP se refere a um valor de referência para representar uma situação em que o animal não está sofrendo estresse térmico, ou seja, o animal apresenta produtividade normal sob condições de termoneutralidade. Foram considerados no presente trabalho os seguintes níveis de produção: 10, 15, 20, 25 e 30 kg por animal por dia.

Cálculo de redução do consumo alimentar (RCA)

Os valores da redução do consumo alimentar dos animais (RCA), em kg animal.dia⁻¹, foram calculados utilizando a equação proposta por Hahn e Osburn (1969):

$$RCA = -28,23 + 0,391 * ITU \quad \text{Eq. (81)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados valores médios mensais de temperatura máxima diária, temperatura mínima diária, temperatura média diária e umidade relativa do ar média diária (UR) para o período de 2007 a 2016 em Barreiras-BA. Observa-se que somente os meses de maio, junho e julho apresentam valores médios de temperatura inferiores a 25°C, sendo que, a umidade relativa do ar apresenta uma elevação do mês de outubro a março (aproximadamente 48% em outubro para 75% em março). Os valores de temperatura nos meses de outubro, novembro e dezembro são superiores a 26°C, ou seja, não se situam na faixa de conforto térmico, preconizada por Huber (1990), que é de 4,0 a 26,0°C. Apesar dos demais meses se situarem na faixa de conforto térmico, observa-se que as médias das temperaturas máximas diárias atingem valores da magnitude de 32 a 36°C, nota-se que os valores ultrapassam aqueles considerados como máximos dentro da

faixa de conforto térmico apresentada por Huber (1990), indicando que o município de Barreiras apresenta condições ambientais estressoras, em termos de altas temperaturas para as vacas leiteiras.

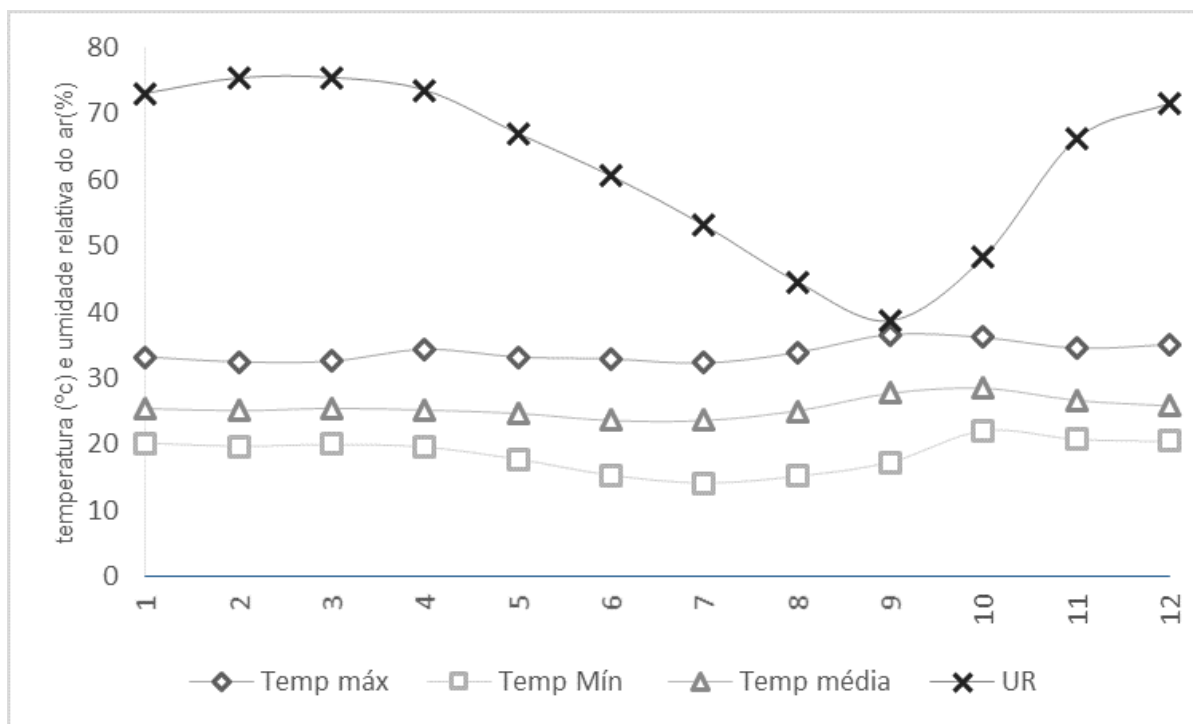


Figura 2. Valores médios mensais de Temperatura Máxima diária (Temp máx), Temperatura Mínima diária (Temp mín), Temperatura Média diária (Temp média) e Umidade Relativa do Ar média diária (UR) para o período de 2007 a 2016 em Barreiras-BA.

Os valores médios mensais de ITU são apresentados na Figura 3, onde são indicados os valores limites de ITU, assim como a zona considerada crítica às vacas, de acordo com Martello (2006). Constata-se que somente nos meses de junho, julho e agosto o ITU apresenta-se na faixa normal, mostrando que em média, os demais períodos encontram-se em alerta, mostrando que esses são os mais críticos para a produção leiteira na região. Campos et al. (2002) propuseram um limite máximo de 75, para o índice de temperatura e umidade (ITU), visando ao conforto térmico do rebanho leiteiro da raça holandesa. Observaram que valores de ITU de 70 ou menos, não causaram nenhum desconforto térmico para vacas leiteiras. Entretanto, para valores de 75 ou mais, a produção de leite e ingestão de alimentos foi seriamente prejudicada. De modo geral, bovinos de todas as idades mostraram algum sinal de desconforto térmico acentuado com ITU igual ou superior a 78, e esse desconforto se torna agudo à medida que o índice aumenta. O estresse térmico afeta negativamente em vários aspectos a produção leiteira, a diminuição da produção de leite gerando uma diminuição na produção leiteira devido à redução na ingestão de alimentos. Além da temperatura ambiente, a umidade relativa do ar elevada compromete a capacidade da vaca de dissipar calor para o ambiente influenciando diretamente na diminuição da produção (BILBY et al., 2009; DAHL, 2010).

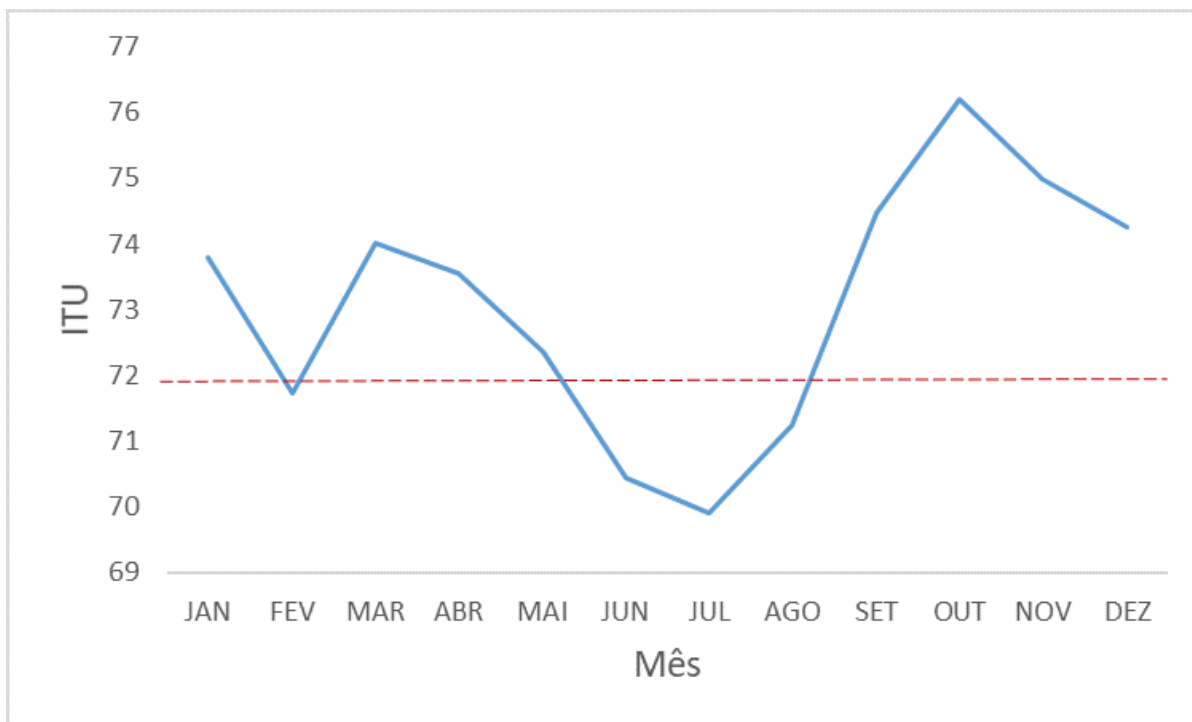


Figura 3. Valores médios mensais de índice de temperatura e umidade do ar (ITU) considerando o cenário atual (2007 a 2016).

Quando observado a variação média horária de ITU para o município de Barreiras-BA, de 2007 a 2016 (figura 5), é visto que os valores de ITU atingem 79 ao longo período do dia, das 13 às 17 horas, classificado como estado de perigo. A partir das 10 horas da manhã a produção de vacas de leite encontra-se em estado de alerta. Silanikove (1992) relatou que temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação nas horas mais quentes do dia, retardam o início do pico de procura à tarde e aumentam a frequência nas primeiras horas da manhã. O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde, devido as condições climáticas. Staples (2009) indica que, para reverter pelo menos em parte a diminuição da ingestão de matéria seca ocasionada pelo estresse térmico é necessário resfriar fisicamente os animais e alimentá-los nas primeiras horas do dia e no final da tarde, atenuando a carga de calor sobre as vacas.

As temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação nas horas mais quentes do dia, além de retardarem o início do pico de procura à tarde e aumentarem a frequência nas primeiras horas da manhã (SILANIKOVI, 2009). O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde. Assim, temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação durante as horas mais quentes do dia, aumentando a frequência nas primeiras horas da manhã.

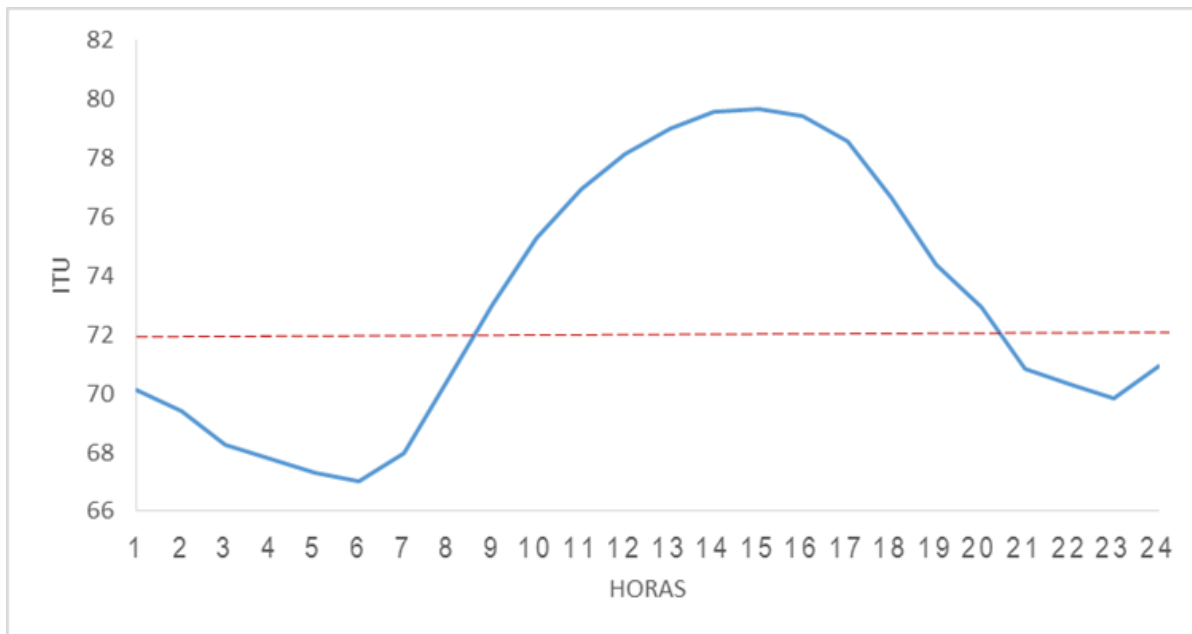


Figura 4. Variação média horária de ITU para o município de Barreiras-BA, no cenário atual (2007 a 2016).

Com os valores obtidos de ITU, foi possível estimar as possibilidades de declínio na produção de leite (kg/animal/dia), considerando 5 níveis de produção normal, como pode ser visualizado na Figura 5. Uma vez que o efeito do estresse calórico é maior quanto maior for a produção do animal (HUBER et al., 1990), a partir desses resultados, percebido no comportamento das estimativas dos dados apresentados na Figura 4, constata-se que, para uma produção normal de aproximadamente 30kg/dia, pode haver uma redução bem maior em relação aos demais níveis.

Observa-se que no período em estudo, o declínio de produção de leite se concentra nos meses de outubro e novembro, chegando em uma perda de aproximadamente 4 kg/dia de leite no ano de 2015. Durante os meses de junho, julho e agosto as condições climáticas observadas, indicaram um aumento significativo na estimativa da produção de leite para os cinco níveis normais de produção no município de Barreiras – BA, em exceto o ano de 2012. Foi observado que o declínio na produção de leite acentuou-se a partir do valor de ITU de 73 a 78. Turco et al. (2006) apresentou em seu trabalho resultados semelhantes para a região Oeste da Bahia com possibilidades de perdas de 2 a 3 kg de leite por dia para animais com maiores níveis de produção. Os decréscimos observados na produção de leite em vacas submetidas ao estresse pelo calor são devidos, principalmente, aos efeitos envolvidos na regulação térmica, no balanço de energia e nas modificações endócrinas, quando, os animais priorizam a manutenção da homeotermia e dessa forma a produção de leite passa a ser prejudicada pelo estresse térmico (JOHNSON, 1985; ALMEIDA et al., 2011).

Em um trabalho realizados por Campos et al. (2001) para a região de Goiânia-GO, foram obtidos resultados aproximados de redução na produção de leite, de 6,0 e 6,8 kg/dia, para os meses de dezembro e março, respectivamente, considerando-se um nível de produção normal de 30kg/dia. Levando em consideração um nível médio de produção normal de 10kg/dia, estes autores detectaram reduções na produtividade dos animais de aproximadamente 0,8 e 1,2kg/dia para dezembro e março, respectivamente, assim, como explica Johnson (1985) quanto mais produtora uma vaca, maior sua taxa metabólica (produção de calor interno no organismo) e maior a sua sensibilidade ao estresse pelo calor. Dessa forma, a eficiência produtiva é maior quando os animais estão em condições de conforto térmico e não precisam acionar os mecanismos termorreguladores (SOUZA et al., 2005).

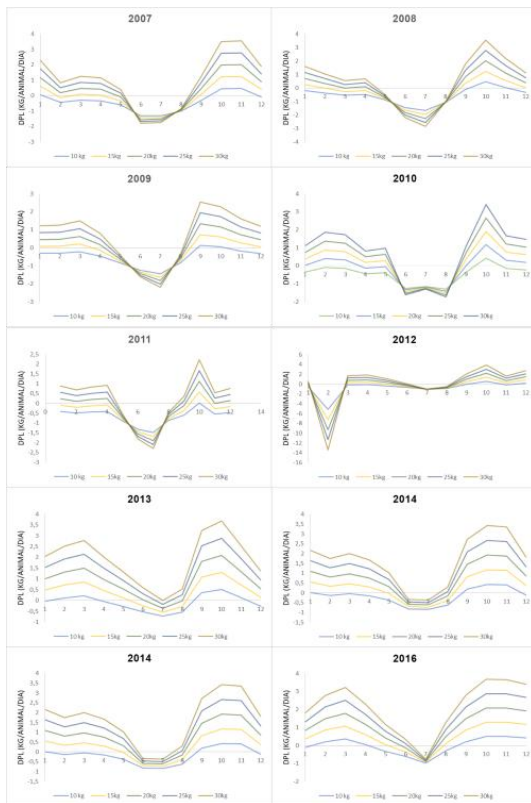


Figura 5. Valores médios mensais de declínio de produção de leite (DPL, kg/dia/vaca) para o período de 2007 a 2016 para o município de Barreiras-BA.

Na figura 6 são apresentados os valores médios mensais de redução de consumo alimentar para o período de 2007 a 2016. Percebe-se que, no mês de outubro, os animais apresentaram valores de RCA de até 2kg animal/dia (ano de 2015), enquanto que em maio ocorreu menor redução, atingindo em média 300 g animal/dia (2014, 2015 e 2016). É visto que os valores de ITU a partir de 72 já diminuem o consumo de alimento e valores de 75 em diante já apresentam redução acima de 1kg animal/dia. Porcionatto et al. (2009), consideram que a redução na ingestão de alimentos é a principal causa da diminuição da produção de leite das vacas em estresse térmico por calor.

Nos meses de junho, julho e setembro não ocorreram reduções no consumo alimentar dos animais, e sim um acréscimo no consumo de ração, variando de 0,6kg animal/dia a 1,3kg animal/dia.

Ao atingir temperatura de 25,5°C, uma vaca passa a ter dificuldades para eliminar o excesso de calor e o consumo de ração começa a diminuir. À medida que a temperatura aumenta a quantidade de energia consumida para manutenção da homeotermia também eleva, para isso, a ingestão de matéria seca precisa aumentar, porém, quando o estresse térmico é intenso a ingestão de matéria seca cai, os níveis de energia da vaca são duplamente afetados: maior necessidade de energia para manter a homeotermia e menor consumo de energia. Devido a isso, animais sob estresse calórico reduzem a ingestão de matéria seca voluntária em aproximadamente 25% na tentativa de minimizar a produção de calor, em consequência a esses fatos a produção de leite diminui.

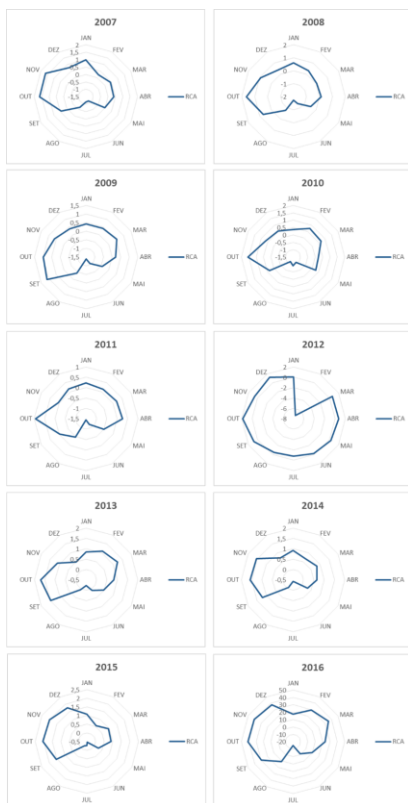


Figura 6. Valores médios mensais de redução de consumo alimentar (RCA, kg.dia⁻¹.vaca⁻¹) para o período de 2007 a 2016 para o município de Barreiras-BA.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No período de setembro a março apresenta valores médios do Índice de Temperatura e Umidade considerados de alerta e perigo, com valores acima de 75.

As condições de temperatura e umidade relativa do ar durante os meses de junho, julho e agosto proporcionam ambiente térmico confortável para a atividade leiteira no município, sendo esse período o mais propício para se garantir uma maior produtividade de leite na região.

O estresse por calor leva uma redução de 10 a 15% na ingestão de alimentos, sendo o mês de outubro o mais crítico, alcançando valores de RCA de até 2kg animal/dia.

O declínio de produção de leite se concentra nos meses de outubro e novembro, chegando em uma perda de aproximadamente 4 kg/dia de leite em animais com níveis de produção de 30kg/dia.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Gamu (Grupo de Agrometeorologia da Uneb)

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, G. L. P et al.,. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.754-760, 2011

BERRY, I.L.; SHANKLIN, N.D.; JOHNSON, H.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 7, p. 329-331. 1964

- BILBY, T. R.; TATCHER, W.W.; HANSEN, P.J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2009, Uberlândia, MG. **Anais...** 2009, p. 59-71
- BUFFINGTON, D.E. et al. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.** **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714. 1981.
- DAHL, G. E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In: XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** 2010, p. 357-362.
- ELISA, S. S. **Zoneamento bioclimático para prognóstico de produção animal, pelo índice de temperatura e umidade (ITU), para o estado de Goiás.** 2008, Monografia (Construções rurais e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Goiás, 2008.
- FERRO, D. A. C; SANTOS, A. P. P.; COELHO, K. O. Efeito do ambiente na produção e composição do leite. In: FERRO, R. A. C; FERRO, D. A. C. **Tópicos aplicados à bovinocultura de leite.** Goiânia: Kelps, 2012. p.65-78.
- HAHN, G.L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- HEAD, H.H. **Management of dairy cattle in tropical and subtropical and subtropical environments.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1995, Jaboticabal. **Anais...**, Jaboticabal: SBBiomet, 195. p.26-68.
- HUBER, J. T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico.** Bovinocultura Leiteira. Piracicaba: FEALQ. 1990
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – **Pesquisa da Pecuária Municipal 2017.** Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/94#resultado>>. Acesso em 20 de maio de 2019.
- JOHNSON, H.D. **Physiological responses and productivity of cattle .** In: YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**, v.2, Boca Raton Fla: CRC Press. 1985, p. 3 -22.
- KLOSOWSKI, E.S. et al. **Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002.
- MARTELLO, L. S. **Interação animal - ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em freestall.** 2006. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Qualidade e Produtividade Animal, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- MENDES, A.M.P. et al. Zoneamento bioclimático para a raça ovina Dorper no Estado do Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.49, n.12, p.986-993. 2014.
- PINHEIRO, A.C. et al. . Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.280-293, 2015.
- QUADROS, D. G. de; SILVA. **Produção e qualidade do leite na região oeste da Bahia.** 2008. Disponível em <<http://cienciadoleite.com.br/noticia/124/producao-e-qualidade-do-leite-na-regiao-oeste-da-bahia>> Acesso em 20 de abril de 2019.
- ROSENBERG, N.J; BLAD, B.L; VERMA, S.B. **Microclimate: the biological environment.** 2 ed. New York: Wiley-interscience Publication, 1983. 495p.

SILANIKOVE, N.; SHAPIRO, F.; SHINDER, D. **Acute heat stress brings down milk secretion in dairy cows by up-regulating the activity of the milk-borne negative feedback regulatory system.** BMC Physiology, p.9-13, 2009.

SILANIKOVE, N. **Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants:** a review. Livestock Production Science, Amsterdam, v.30, p.175-194, 1992.

SOUZA, E. D.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H. **Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no Semi-Árido.** Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.1, p.177-184. 2005.

STAPLES, C. R. Alimentação de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2009. Uberlândia, MG. **Anais...** 2009, p. 42-58.

TURCO, S. H. N. et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.20-27, 2006.

ESTIMATIVA DA DIFERENCIAÇÃO DA PANÍCULA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO ATRAVÉS DA SOMA TÉRMICA POR SUBGRUPOS DE MATURAÇÃO

Silvio Steinmetz¹; Santiago Vianna Cuadra¹; Ivan Rodrigues de Almeida¹; Taivan Barcia Dias²; Pedro Augusto Bianchini Schena²

Autor para correspondência: silvio.steinmetz@embrapa.br

¹Pesquisador A da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; ²Acadêmico de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, estagiário, Pelotas, RS

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a diferença, em dias, entre as datas de ocorrência do estágio R1 estimadas pela soma térmica dos sete subgrupos do programa GD Arroz e das cultivares que pertencem a cada um desses subgrupos. Os resultados indicaram que a diferença média, em termos absolutos, de todos os subgrupos foi de 1,6 dia, sendo a menor diferença (0,2 dia) e a maior (3,4 dias) para os subgrupos Muito precoce 2 e Tardio, respectivamente. Conclui-se que as estimativas do estágio R1 baseadas na soma térmica dos subgrupos, como é o caso do programa GD Arroz, são muito próximas (inferior a dois dias em 76% dos casos) das que utilizam a soma térmica das cultivares, indicando que são apropriadas para o planejamento da segunda adubação nitrogenada em cobertura das cultivares que pertencem a cada um dos subgrupos.

PALAVRAS-CHAVE: Graus-dia; Adubação nitrogenada em cobertura; *Oryza sativa* L.

ESTIMATION OF PANICLE DIFFERENTIATION OF CULTIVARS BASED ON THERMAL SUM OF SUBGROUPS OF MATURATION

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the difference, in days, between the dates of occurrence of the R1 stage estimated by the thermal sum of the seven subgroups of the “GD Arroz” program and that of the cultivars belonging to each of these subgroups. The results indicated that the mean difference of all subgroups, considering the absolute values, was 1.6 day, with the lowest difference (0.2 day) and the highest difference (3.4 days) for the Very Early 2 and Late subgroups. The conclusion is that estimates of the R1 stage based on the thermal sum of the subgroups, such as the GD Arroz program, are very close (less than two days in 76% of the cases) of those using the thermal sum of the cultivars, indicating that are appropriate for planning the second topdressing nitrogen fertilization of the cultivars belonging to each of the subgroups.

KEY-WORDS: Degree-day; Topdressing fertilization; *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

A SOSBAI (2018) recomenda realizar as práticas de manejo na época mais apropriada, considerando a data de ocorrência dos distintos estádios de desenvolvimento da planta.

Dentre as práticas de manejo importantes para a produtividade destaca-se a segunda adubação nitrogenada em cobertura (ANC), que usualmente é realizada no estágio de diferenciação da panícula (DP ou R1), embora a SOSBAI (2018) recomende que seja feita no estágio de iniciação da panícula (IP ou R0) que ocorre, em média, quatro dias antes do R1 (CARLI, 2016). Uma dificuldade, neste contexto, é que a ocorrência do estágio R1 é variável por ser dependente da temperatura (STANSEL, 1975; STEINMETZ et al., 2010). Por isso, é preferível expressar-se o estágio R1 e os demais estádios de desenvolvimento da planta em dias, porém estimados por meio de graus-dia (GD), ou soma térmica, do que em número de dias do calendário (STRECK et al., 2006; STEINMETZ et al., 2010).

Baseando-se nesse princípio, Steinmetz et al. (2014) idealizaram o programa GD Arroz para estimar a data de ocorrência do estágio R1 em 17 localidades produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. Posteriormente, o programa foi ampliado permitindo estimar o estágio R1 e outros cinco estádios de desenvolvimento da planta visando o planejamento e a tomada de decisão no manejo do arroz irrigado (STEINMETZ et al., 2015). O programa está disponível nas versões Web (<http://agromet.cpact.embrapa.br>) e Aplicativo para a plataforma Android (Google Play; GD Arroz).

Por razões diversas, como o tempo de uso de computadores para executar o programa e/ou inexistência de dados sobre a soma térmica das cultivares, essas estimativas são feitas para subgrupos de cultivares e não para as cultivares individualmente.

É sabido que a soma térmica necessária para atingir determinado estágio de desenvolvimento de uma dada cultivar pode ser diferente daquela do subgrupo no qual essa cultivar está enquadrada (STEINMETZ et al., 2015). Para fins práticos, presume-se que as estimativas baseadas nos subgrupos são aceitáveis. Entretanto, é importante avaliar o grau de acurácia das estimativas baseadas nos subgrupos e nas cultivares propriamente ditas como subsídio para possíveis correções dessas estimativas, ou mesmo para introduzir melhorias no programa GD Arroz.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi avaliar a diferença, em dias, entre as datas de ocorrência da diferenciação da panícula (R1) estimadas pela soma térmica dos sete subgrupos do GD Arroz e das cultivares que pertencem a cada um desses subgrupos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de fenologia e de soma térmica foram obtidos em experimentos de campo na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, no município de Capão do Leão, RS, durante várias safras, envolvendo seis épocas de semeadura em cada safra. Foram avaliadas 37 cultivares de ciclos desde Muito Precoce até Tardio como indicado em Steinmetz et al. (2015; 2017). Os estádios de desenvolvimento da planta foram avaliados de acordo com a escala de Counce et al. (2000). Neste trabalho são utilizados apenas os dados relativos ao estágio R1 (diferenciação da panícula).

O cálculo de graus-dia foi feito por meio da diferença entre a temperatura média diária do ar (T_m) e a temperatura base (T_b) de 11°C (INFELD et al., 1998), da emergência (50%) até o estágio R1. A T_m foi obtida pela soma das temperaturas máxima e mínima, dividido por dois.

As 37 cultivares foram enquadradas em sete subgrupos utilizando como referência o ciclo total (da emergência à maturação) indicado para cada uma das cultivares em SOSBAI (2018). Os subgrupos foram: 1- Muito precoce 1 (MP1) (<100 dias); 2- Muito precoce 2 (MP2) (100-105 dias); 3- Precoce 1 (P1) (106-110 dias); 4- Precoce 2 (P2) (111-120 dias); 5- Médio 1 (M1) (121-130 dias); 6- Médio 2 (M1) (131-135 dias); 7- Tardio (T) (136-150 dias). O número de safras em que cada cultivar foi avaliada variou de uma a doze e estão indicados na Tabela 1. Os graus-dia necessários para atingir o estágio R1 desses sete subgrupos são os indicados em Steinmetz et al. (2015).

A diferença, em dias, na estimativa de ocorrência do estágio R1 utilizando-se a soma térmica do subgrupo (STS) ao invés da soma térmica da cultivar (STC) foi obtida utilizando os seguintes passos: 1) calculou-se a diferença entre a STS e a STC; 2) obteve-se a relação entre a STC e o número de dias para atingir o estágio R1; 3) calculou-se a diferença, em dias, entre a STC e a STS dividindo-se o valor obtido no passo 1 pelo do passo 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese dos resultados encontra-se na Tabela 1. A diferença média, em termos absolutos, de todos os subgrupos foi de 1,6 dia, sendo a menor diferença (0,2 dia) e a maior (3,4 dias) para os subgrupos Muito precoce 2 e Tardio, respectivamente.

Utilizando a cultivar Guri Inta CL como exemplo, verifica-se que a diferença foi da ordem de 1,8 dia. Como o valor foi positivo, significa que a data estimada pela soma térmica da cultivar ocorreu após a data estimada utilizando a soma térmica do subgrupo ao qual essa cultivar pertence, ou seja, o Precoce 2 (P2).

A análise dos resultados da Tabela 1 indicou que a diferença foi menor ou igual a dois dias, em termos absolutos, em 76% dos casos. Acredita-se que esse bom desempenho esteja associado à eficácia do método de graus-dia para estimar a data de ocorrência desse estágio (VILSON et al., 2015), ao grande volume de dados, gerados em várias safras (STEINMETZ et al., 2017), e ao fato que as cultivares foram enquadradas em sete subgrupos ao invés dos quatro grupos utilizados pela SOSBAI (2018).

As maiores diferenças ocorreram nas cultivares cujos dados são de apenas uma safra, como é o caso da IRGA 424 RI, IRGA 429 e IRGA 430 (Tabela 1). Para se ter dados mais representativos de uma dada cultivar utiliza-se, via de regra, um mínimo de três safras.

Os resultados indicam que as estimativas baseadas na soma térmica dos subgrupos, em geral, são muito próximas das que utilizam a soma térmica das cultivares. Isso sugere que, de uma forma geral, as estimativas feitas pelo programa GD Arroz, que baseiam-se na soma térmica de subgrupos de cultivares, são apropriadas para qualquer uma das cultivares que pertencem aos subgrupos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As estimativas da data de ocorrência do estágio de diferenciação da panícula (R1) baseadas na soma térmica dos subgrupos, como é o caso do programa GD Arroz, são muito próximas (inferior a dois dias em 76% dos casos) das que utilizam a soma térmica das cultivares, indicando que são apropriadas para o planejamento e a tomada de decisão sobre o momento de efetuar a segunda adubação nitrogenada em cobertura das cultivares que pertencem a cada um dos subgrupos.

Tabela 1. Diferença, em dias, na estimativa da diferenciação da panícula (R1) de cultivares de arroz irrigado utilizando a soma térmica das cultivares e do subgrupo ao qual elas pertencem. O sinal negativo indica que o número de dias da emergência ao referido estágio foi menor do que o estimado pela soma térmica média do subgrupo ao qual a cultivar pertence.

Cultivar (ciclo) [Nº safras]	Sub- grupo	Diferença na estimativa via cultivar e subgrupo (dias)
IRGA 421 (95) [7]	MP1	1,5
BRS Atalanta (100) [12] BRS Ligeirinho (95) [2]	MP2	0,1 -0,3
Média		0,2
BRS 6 “Chuí” (110) [5] BRS Querência (110) [12] Epagri 106 (106) IRGAP H9 CL (110)	P1	-1,8 -0,2 - -

Média		1,0
Avaxi CL (120) [7] BR-IRGA 414 (115) BRS Firmeza (120) [5] BRS Pampa (118) [8] Guri Inta CL (120) [3] Inov CL (120) [7] IRGA 417 (115) [9] IRGA 422 CL (120) [3] IRGA 423 (120) [3] IRGA 430 (120) [1] Puitá Inta CL (120) [5] Titan CL (120) [3]	P2	0,5 - 0,8 0,1 1,8 0,5 -0,3 1,6 0,6 4,8 2,7 1,3
Média		1,4
Arize QM 1003 (125) [2] Arize QM 1010 (135) [2] BR-IRGA 409 (126) [5] BR-IRGA 410 (123) [4] BRS A701 CL (130) BRSCIRAD 302 (128) [3] BRS Pelota (125) [6] BRS Sinuelo CL (130) [7] IRGA 426 (125) [3] IRGA 428 CL (125) [2] IRGA 429 (124) [1] Lexus CL (128) [3]	M1	0,1 -1,8 0,9 -1,5 - -1,8 0,7 1,1 1,5 1,5 4,7 -1,5
Média		1,6
BRS 7 "Taim (130) [5] BRS Bojuru (135) [2] BRS Fronteira (135) [8] BRS Pampeira (133) El Paso L. (144) [1] IRGA 424 (132) [8] IRGA 424 RI (133) [1] IRGA 425 (132) [3] IRGA 427 (136) [2] IRGAP H7 CL (135) SCS 115 CL (135)	M2	-0,3 -0,3 0,5 - 0,4 2,1 6,0 -4,2 4,1 - -
Média		2,2
Epagri 108 (142) Epagri 109 (142) [4] SCS 112 (138) SCS 114 Andosan (140) SCS 116 Satoru (144) SCS 117 CL (144) SCS 118 Marques (144) SCS 121 CL (141) SCS BRS Tio Taka (141)[6]	T	- 4,2 - - - - - 2,6

Média **3,4**

Média Geral		1,6
--------------------	--	------------

OBS.:

- 1) Os valores entre parênteses referem-se ao ciclo médio das cultivares de acordo com a SOSBAI (2018);
- 2) Os valores entre colchetes referem-se ao número de safras em que os dados foram obtidos;
- 3) As cultivares sublinhadas e/ou com traços nos estádios não dispõem de informações de graus-dia e foram incorporadas nos subgrupos de acordo com o grupo de maturação indicado em SOSBAI (2018).
- 4) MP1= Muito precoce 1; MP2= Muito precoce 2; P1= Precoce 1; P2= Precoce 2; M1= Médio 1; M2= Médio 2; T= Tardio

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Embrapa pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- CARLI, C. D.; STEINMETZ, S.; STRECK, N. A.; MARCHESAN, E.; SILVA, M. R. da. Número de dias e de graus-dia entre a iniciação e a diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 428-433, mar., 2016.
- COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, Mar./Apr. 2000.
- INFELD, J.A.; SILVA, J.B. da; ASSIS, F.N. de. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.187-191, 1998.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha, RS. 2018.205 p.
- STANSEL, J. W. The rice plant: its development and yield. In: SIX decades of rice research in Texas. Beaumont: Texas Agricultural Experiment Station, 1975. p. 9-21.
- STEINMETZ, S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; FAGUNDES, P.R.R.; SCIVITTARO, W.B.; ALMEIDA, I.R.; REISSER JÚNIOR, I.; DEIBLER, A.N.; MATZENAUER, R.; RADIN, B.; PRESTES, S.D.; SILVA, M.F. **Uso de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula (DP) de seis subgrupos de cultivares de arroz irrigado visando à adubação nitrogenada em cobertura no Rio Grande do Sul**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2010. 75p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121).
- STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; PEREIRA, C. B.; SANTOS, E. L. dos; ALMEIDA, I. R. de. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula visando a adubação nitrogenada em cobertura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 12p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 155).
- STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; PEREIRA, C. B.; SANTOS, E. L. dos; ALMEIDA, I. R. de. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia como suporte ao planejamento e à tomada de decisão no manejo do arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 8p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 162).
- STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; ALMEIDA, I. R. de; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; FAGUNDES, P. R. R. Soma térmica e estádios de desenvolvimento da planta de grupos de cultivares de arroz irrigado. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 405-414, dez. 2017).
- STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; MICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; PAULA, G. M. de; CAMERA, C.; LAGRO, I.; MARCOLIN, E. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 533-541, 2006.
- WILSON JR., C. E.; NORMAN, R. J.; SLATON, N. A.; BRANSON, J. W.; BOOTHE, D. L. **DD50 computerized rice management program**. University of Arkansas, Division of Agriculture, Agriculture and Natural Resources Cooperative Extension Service. Computer Technical Series. 2014?. Disponível em: <a completar >. Acesso em: 24 jul. 2015.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICAS E DA REDE DE DRENAGEM DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO PARAÍSO – MORRINHOS – GOIÁS

JAQUELINE DE OLIVEIRA LIMA¹; RENATO ADRIANO MARTINS¹; TÚLIO RABELO¹; RONIEL SANTANA DE OLIVEIRA¹; Kamilla Aparecida Alves¹
Autor para correspondência: jaqueline.oliveira@ueg.br

¹Universidade Estadual de Goiás - Campus Morrinhos

RESUMO

Para entender as várias formas de relevo do globo terrestre o emprego de métodos quantitativos e a análise morfométrica, apresentam como instrumentos importante, especialmente no que se refere aos estudos das bacias hidrográficas. Por isso busca-se, nesse trabalho, a quantificação dos parâmetros morfométricos da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso, localizada no município de Morrinhos, Estado de Goiás, apresentando características físicas e climáticas representativas da região do cerrado, inserida na unidade geológica do grupo Araxá. A esta unidade geológica repercute o comportamento da rede de hidrográfica, com texturas de drenagem caracterizada por diversos padrões, associada à uma estrutura de natureza litológica e tectônica. A representatividade desse sistema fluvial dentro do contexto o qual se encontra inserido, está intrinsecamente ligada às ações humanas na transformação da paisagem, pois a dinâmica hidrológica superficial se apresenta alterada devido ao estabelecimento de atividades agropecuárias. Segue daí a importância de se fazer um estudo que contemple a Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso em função das várias formas de uso dos seus recursos naturais. A metodologia fundamentou-se no uso de imagens de satélite, cartas topográficas, software especializado como ArcGis 10.2 possibilitando assim a mensuração de vários parâmetros morfométricos, tais como: análise areal, linear e hipsométrica.

PALAVRAS-CHAVE: morfometria; microbacia; altimetria

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION AND DRAINAGE NETWORK OF MICROBASIN RIBEIRÃO PARAÍSO - MORRINHOS - GOIÁS

ABSTRACT

To understand the several forms of relief of the terrestrial globe the employment of quantitative methods and the analysis morfometric, they present as important instruments, especially in what he/she refers to the studies of the basins hydrographical. That it is looked for, in that work, the quantification of the parameters morfometric of Ribeirão Paradise's Experimental Microbasin, located in the municipal district of Hills, State of Goiás, presenting representative physical and climatic characteristics of the area of the closed, inserted in the unit geological of the group Araxá. To this unit geological the behavior of the hydrographical net rebounds, with drainage textures characterized by several patterns, associated to a structure of nature litologic and tectonic. The representatived of that fluvial system inside of the context which one finds inserted, it is intrinsic linked to the human actions in the transformation of the landscape, because the dynamic superficial hydrographical he/she/it presents altered due to the establishment of agricultural activities. It proceeds of there the importance of doing a study that contemplates Ribeirão Paradise's Experimental Microbasin in function in the several ways of use of its natural resources. The methodology was based in the use of satellite images, topographical letters, softwares specialized like ArcGis 10.2, facilitating like this the measure of several parameters morfometric, such as: analysis sand dune, lineal and hypsometry.

KEY-WORDS: morfometric; microbasin; altimetry

INTRODUÇÃO

A área de estudo, Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso, encontra-se na porção Central do município de Morrinhos, que por sua vez, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1996), é uma unidade administrativa que pertence à Microrregião 015 – Meia Ponte integrante da Mesorregião 05 Sul Goiano, localizado à sudeste da capital do Estado de Goiás e a 17°43'54'' de latitude Sul e 49°06'03'' de longitude Oeste. Limita-se com os municípios de Piracanjuba, ao norte; Buriti Alegre e Goiatuba, ao sul; Caldas Novas, Água Limpa e Rio Quente, à leste; e Pontalina, Aloândia e, ainda, Goiatuba, à oeste. A área do município é de 2.830,17 Km² o que corresponde a 0,84% da superfície geral do Estado.

A escolha da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso foi com base na representatividade em relação a suas características físicas, sociais e econômicas para o município, além do que os trabalhos relacionados ao sistema hidrológico em Morrinhos, até o momento, estão pautados em algumas análises qualitativas. Segue daí a importância de se fazer um estudo que contemple dados quantitativos para uma melhor avaliação do uso atual e potencial dos recursos naturais, em especial, o hídrico.

A necessidade de se compreender melhor as diversas unidades que compõem as bacias hidrográficas foi sendo expressas, sob o ponto de vista quantitativo, por meio do uso do método de análise morfométrica através dos parâmetros: hierarquização da rede de drenagem, relação de bifurcação, índice de circularidade, densidade hidrográfica e dos rios, índice de rugosidade, dentre outros. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local e podem ser aplicados em diferentes dimensões, indo até as menores unidades de estudo, como as microbacias, que ainda podem ser divididos pelo alto, médio e baixo curso do rio principal, sem que se perca a totalidade das informações referentes às diversidades sócio-ambientais da bacia hidrográfica como um todo.

Sendo assim, o trabalho apresenta como objetivo a quantificação dos parâmetros morfométricos da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso, utilizando de informações geológicas, geomorfológicas, que segundo Jorge e Uehara (1988) “a atitude das camadas bem como estruturas geológicas, influem tanto na topografia e forma da bacia, como também no padrão de drenagem”. Com esse fim resolveu-se: analisar a área, o perímetro, a altimetria e o escoamento, além da ordenação dos canais.

Os resultados aqui apresentados fazem parte do Projeto “Manejo e Conservação dos Recursos Naturais em Áreas de Cerrado”, desenvolvido na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Morrinhos.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O trabalho apresenta como objetivo realizar o mapeamento detalhado do uso e cobertura da terra e a quantificação dos parâmetros morfométricos da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso localizada a 8 km ao sul da cidade de Morrinhos, está compreendida entre a latitude 17° 49'20'' Sul e a longitude 49° 09'06'' Oeste, possui uma área aproximada de 97,29 Km², correspondendo a 3,4% da área do município (Figura 01), insere-se fundamentalmente na grande unidade geomorfológica conhecida como Planalto Rebaixado de Goiânia.

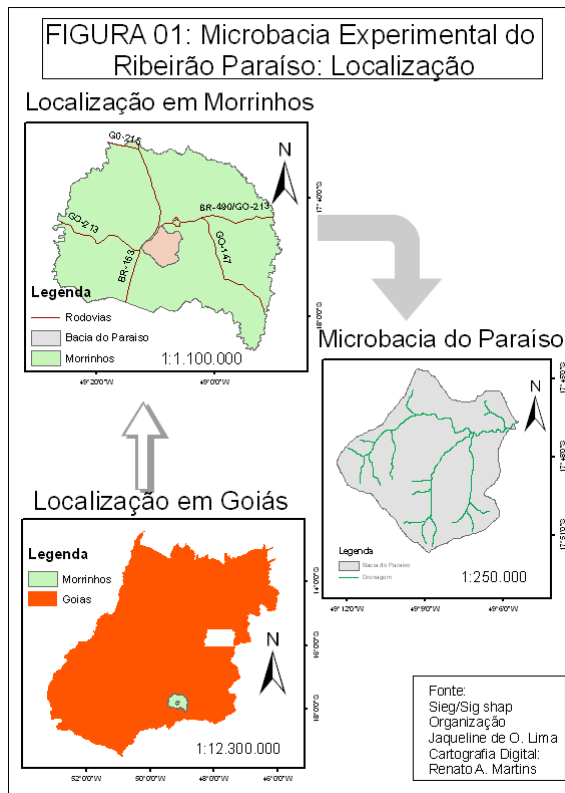


Figura 1: Localização da área de estudo

O clima, segundo a classificação de Köppen, se enquadra no tipo Aw, regime pluvial quente e semi-úmido, sendo que o período chuvoso vai de outubro a abril e o período seco de maio a setembro. De acordo com os dados da Estação Meteorológica da Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Morrinhos (UEG/UnU-Morrinhos), a temperatura média das máximas é de 29,4°C; média das mínimas, 16,5°C. A umidade relativa do ar média anual é de 66%, apresentando o mês de agosto o menor índice (40%) e, janeiro, o maior (85%). A precipitação pluvial (chuvas) média anual gira em torno de 1.500mm.

Não há destaque para a fauna, alguns animais caminham para a extinção. Quanto à flora, existem algumas matas, nas quais se destacam espécies como: aroeira, cedro, jacarandá, além de algumas plantas medicinais: quina, douradinha, chapéu-de-couro etc.

De acordo com a geologia e a geomorfologia a microbacia apresenta relevos predominantemente suaves ondulados, às vezes, bastante dissecado, com topo convexo ou aguçado, alta densidade de drenagem. Localiza-se sobre litologias do grupo Araxá, as rochas são cobertas, segundo o Zoneamento Ecológico – Econômico da Microrregião Meia Ponte (1999), por solos pouco profundos e rasos, pouco desenvolvidos. Ocorre na área a presença de cascalho. Estas condições naturais atraíram para essa região os criadores de gado, porém, nos últimos anos, com advento de novas tecnologias, percebe-se um aumento significativo da agricultura, principalmente a irrigada, com destaque para a soja, arroz, milho, feijão e tomate industrial. A classe de solo predominante na microbacia é o latossolo vermelho escuro, com ocorrência de cambissolo e pdzólico vermelho escuro.

A inovação das formas de uso e ocupação das terras da área de estudo acarretou uma nova demanda dos recursos hídricos modificando, assim, o comportamento dos canais e, conseqüentemente, o transporte de sedimentos, provocando o assoreamento dos mananciais, alterando, de forma significativa, a cobertura do solo, provocando, portanto, um desequilíbrio no ciclo hidrológico, já que aumenta o escoamento superficial e diminui quantidade de água infiltrada. Em decorrência, ampliam a produção de sedimentos acarretando um empobrecimento, ainda maior, da fertilidade do solo e erosão das margens.

O estudo proposto para a rede de drenagem da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso foi dividido em cinco fases: a primeira se refere à delimitação da bacia. Esse trabalho contou com o apoio do material disponibilizado em vetores no formato shapefile, pelo SIEG no site www.sieg.go.gov.br. contidas nas seguintes cartas topográficas: SE-22-X-D-II, Folha Cristianópolis; SE-22-X-D-IV, Folha Morrinhos; SE-22-

X-D-V, Folha Caldas Novas; SE-22-X-D-VI, Folha Ipameri; SE-22-Z-B-II, Folha Corumbaba (IBGE, 1974; ME – DSG, 1973).

A segunda se refere à hierarquização ou ordenação da rede de drenagem. Para esse trabalho utilizou-se o método proposto por Strahler (1952), o qual modificou o sistema de Horton (1945), responsável pelas leis de organização das redes de drenagem. O método de Strahler, para ordenar certo curso d'água onde cada confluência refaz-se a numeração, suprime o conceito de Horton onde o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão. Strahler simplificou os objetivos dos estudos morfométricos.

A terceira foi à análise areal da rede de drenagem, entendendo, assim, as aferições realizadas ao longo da linha de escoamento. A quarta refere-se à análise linear. Nesse momento observou-se que para fins de classificação dos padrões de drenagem devem-se avaliar as influências morfogenéticas, disposição das rochas, litologia, geomorfologia e declividade, entre outros. E, por último, a análise hipsométrica que corresponde a altimetria entre a altitude da foz a maior altitude situada em um ponto qualquer da bacia.

No processo de medição que possibilitasse a quantificação dos elementos da morfometria para a microbacia, foi utilizada a representação da rede hidrográfica da área de estudo formato vetorial (*shp*), georreferenciados, datun SIRGAS 2000, escala 1:10.000. Tal procedimento será feito primeiramente utilizando rede de drenagem extraída a partir de imagem SRTM, resolução 30 metros. Para tal, utilizará o modelo automático de determinação de drenagens existente em ambiente SIG, no qual a metodologia utilizada na obtenção dessa rede de drenagem a partir de um MDT é apresentada na Figura 2.

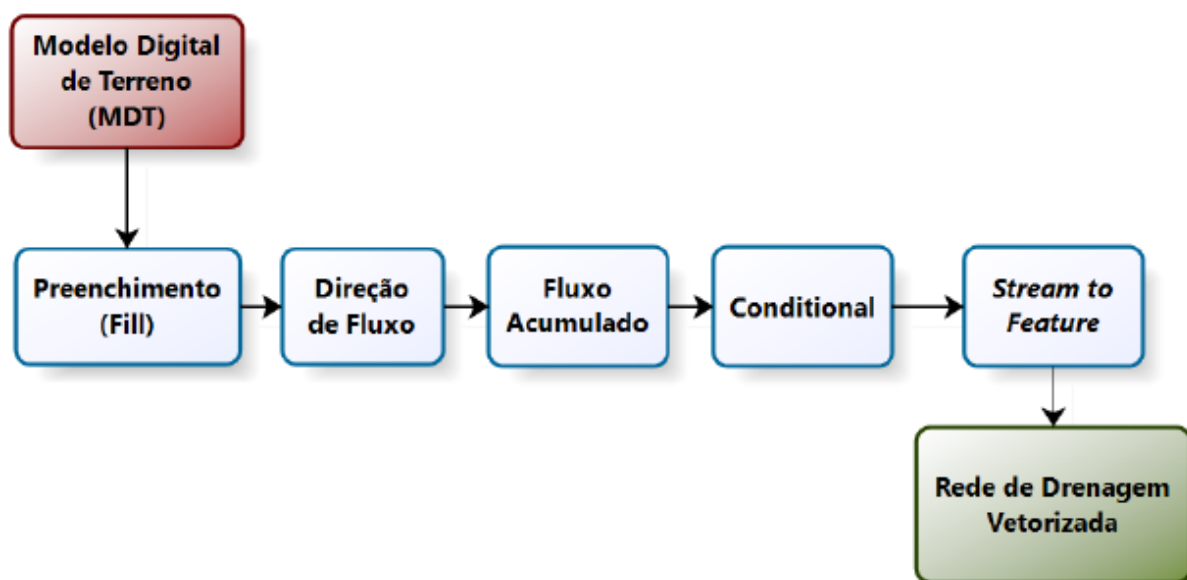


Figura 2: Fluxograma da metodologia da geração automática da rede de drenagem

O levantamento detalhado de uso e cobertura da terra será confeccionado a partir de interpretação visual e vetorização manual de imagens de alta resolução disponível no programa Google Earth Pro, sendo que para baixar essas imagens georreferenciadas, empregar-se-á o programa Terra Incognita disponível gratuitamente no sitio: <https://sourceforge.net/projects/terraincognita2/files/latest/download>.

Após baixada, as imagens serão ortorretificadas, terão o georreferenciamento corrigido e o datun convertido para SIRGAS 2000, haja vista que, originalmente, elas se encontram em WGS 84. Posteriormente, ocorrerá a prévia identificação das classes de usos existentes e finalmente serão vetorizadas, utilizando para tal o programa ArcGis 10.2 free trial.

Após a confecção dos mapas passou-se ao processamento dos dados digitais de elevação e drenagem. Vale ressaltar que mensuração da rede de drenagem foi realizada nos dois *softwares*, fazendo uso das ferramentas “medida de classe”, “*attribute table*” e “*Statistics*”, respectivamente

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso, inserida completamente na zona rural, ocupa uma área de 97,77 km², dividida entre atividades agrícolas e pastoris. As atividades pastoris, praticada em 39,54 km² ou 42,66 % da área, são a principal atividade econômica desenvolvida na microbacia, representada pela bovinocultura de leite e corte. As pastagens utilizadas para a bovinocultura são as do gênero *Brachiaria*, pelo fato de fornecerem uma boa proteção para o solo, quando bem administrada, na maioria das vezes, não são empregadas técnicas conservacionistas adicionais em áreas de pastagens (Zoneamento...1999).

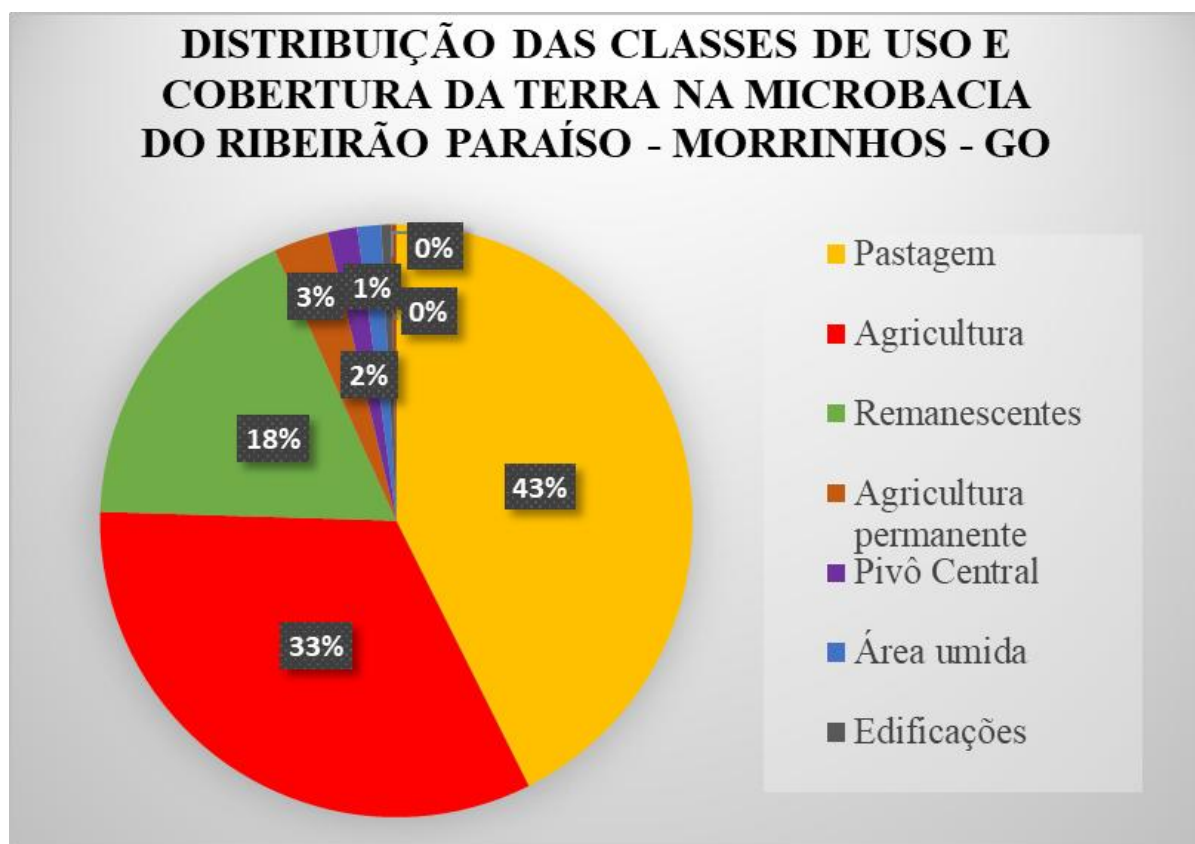


Figura 3: Distribuição das classes de uso e cobertura da terra

A agricultura ocupa 34,75 km², o que representa 37,47% do total da microbacia, distribuída entre culturas de sequeiro temporária (30,48km² ou 32,86%), sequeiro permanente (2,8 km² ou 3,01%) e irrigada por pivô central (1,48km² ou 1,59%), onde encontram-se condições favoráveis ao cultivo, tais como solos propícios, relevo plano e clima adequado.

Na área de estudo, observa-se que a lavoura de soja é a mais difundida entre os proprietários. Esta cultura aparece nas áreas de topografia plana, pois conta com a mecanização em todas as fases de seu cultivo, além do uso intensivo de agrotóxicos.

O plantio direto é adotado na maioria das propriedades onde se produz soja e milho. Esta técnica auxilia na conservação dos solos, uma vez que não ocorre o seu revolvimento e a cobertura morta depositada na camada superficial evita o impacto direto das gotas de chuva, evitando a erosão dos solos. O cultivo do feijão, do arroz e do tomate industrial, também é representativo para a microbacia, alcançando bons resultados. Geralmente estes cultivos aparecem em associação com outras culturas de menor importância.

Vale acrescentar que, a lavoura irrigada tem crescido muito, existindo áreas com uma boa concentração de pivôs centrais, considerando o tamanho da microbacia, como nos interflúvios mais planos ou suavemente ondulados, com sérios conflitos de uso da água já eclodindo. Todos equipamentos são movidos à energia elétrica, sendo adotado predominantemente o sistema de irrigação por aspersão via pivô central.

A vegetação natural representa 17,78% do total da área da microbacia (16,5 km²). As áreas de Cerrado, Matas de Galerias e Tensão Ecológica foram as mais devastadas, provavelmente, em função do relevo plano e favorabilidade ao estabelecimento das atividades agropecuárias. Observa-se que a composição de

vegetação natural, em grande parte, sofreu alterações em função da intervenção antrópica, constituindo uma vegetação secundária. Portanto, a vegetação natural é constituída de remanescentes e onde elas ocorrem, formam-se de relevos convexos e agudos (Figura 02).

Ressalta-se ainda a existência de 1,2km² de área úmida, principalmente veredas, 0,25km² de represas, destinadas principalmente ao abastecimento dos pivôs centrais e/ou para dessedentação de animais e 0,50km² de áreas edificadas, compostas principalmente por sedes das propriedades rurais e suas respectivas benfeitorias.

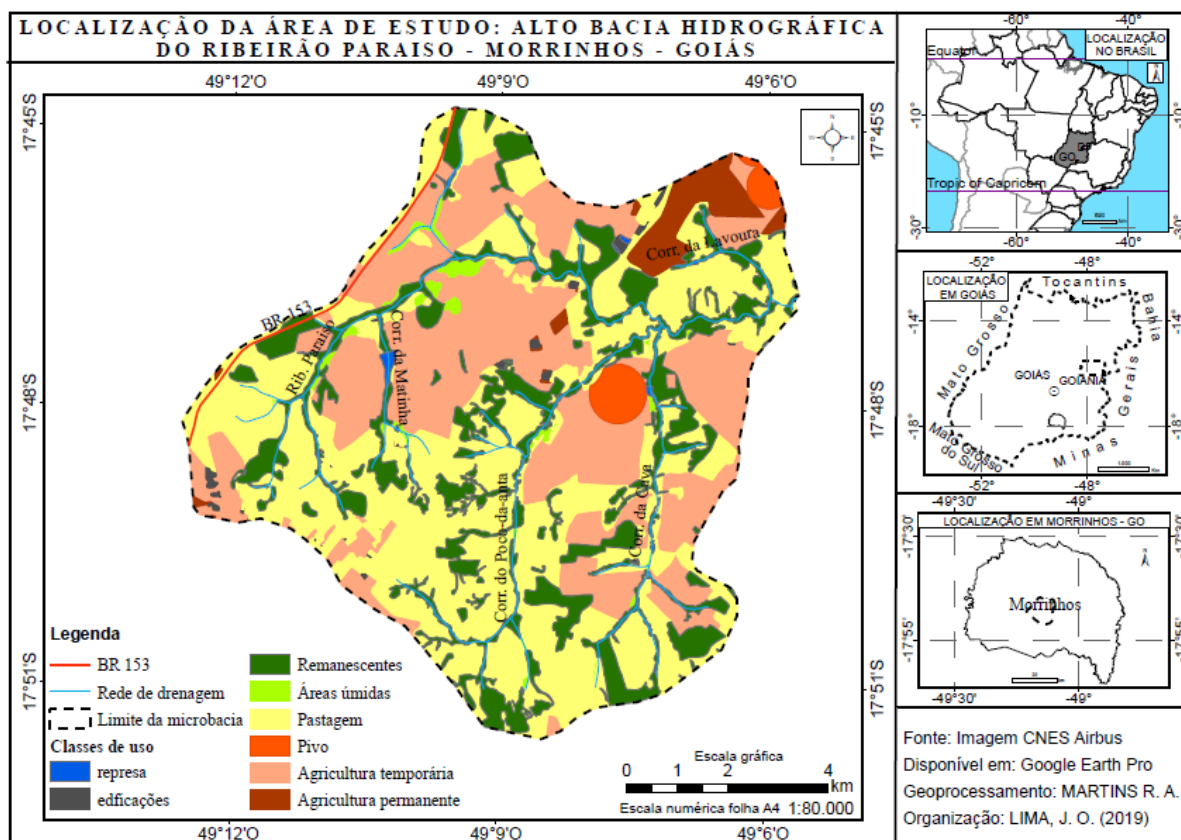


Figura 4: Uso e cobertura da terra na microbacia do Ribeirão Paraíso

Morfometria: Na área de estudo, segundo o método proposto, foram calculados índices e valores empregados na análise morfométrica, ou seja, o trabalho inicia-se pela hierarquização fluvial que de acordo com Cristofolletti (1980), “consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso d’água (ou da área drenada que lhe pertence), no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra”. Sua função foi facilitar o entendimento morfométrico da área de estudo.

Os critérios de ordenação dos cursos de água foram aqueles definidos por Horton (1945), e modificado por Strahler (1952), ou seja, para Strahler os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem podendo receber afluentes de segunda e primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem e podem receber tributários de ordens inferiores (Figura 05).

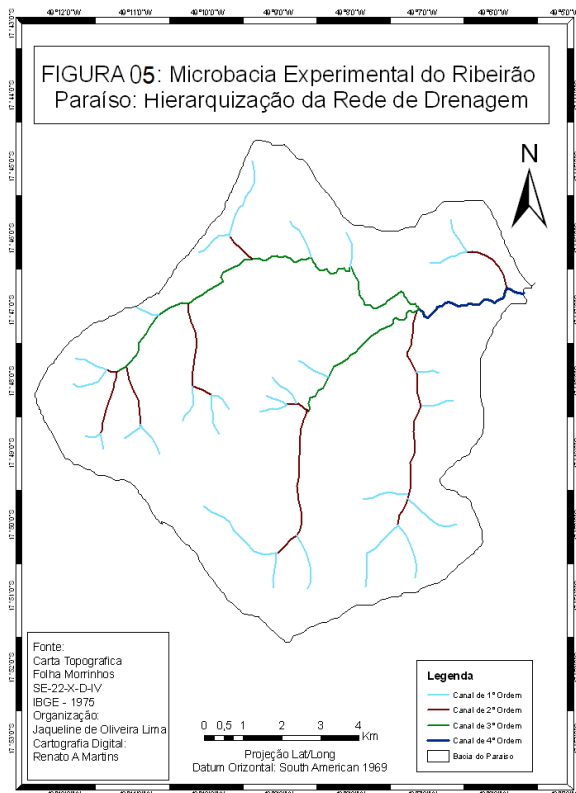


Figura 5: Hierarquia da rede de drenagem na microbacia do ribeirão Paraíso

A análise da figura 05, Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso: Hierarquização da Rede de Drenagem, forneceu-nos resultados quanto à quantidade de cursos d'água e suas representatividades. O Ribeirão Paraíso apresentou, evidentemente, o maior número de grandeza (Lu), quarta ordem com 3,4 km de extensão, para os demais foram quantificados, terceira ordem 15,4 km, segunda ordem 19,0 km e primeira ordem 30,4 km, perfazendo um total de 68,2 km. Possuindo, portanto, 29 canais de primeira, 9 de segunda, 2 de terceira e 1 de quarta ordem, totalizando 41 canais (Nu). Para a distribuição da porcentagem de canais na Microbacia foram contabilizados os seguintes valores: 70,7%, para os canais de primeira ordem, 21,9% para os de segunda, 4,9% para os terceira e 2,5% para os de quarta (Tabela 01).

Tabela 01: Análise Linear da Rede Hidrográfica da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso							
Ordem	Número de Seguimentos (Nu)	Σ Comprimento Médio dos Canais (Lu) Km	% de Canais	Comprimento Médio dos Canais (Lm) Km	Relação de Bifurcação (Rb)	Relação entre o Comprimento Médio dos Canais de cada Ordem (RLm)	Relação entre o Índice do Comprimento Médio dos Canais e o Índice de Bifurcação (RLb)
1º	29	30,4	70,7	1,0	....	....	....
2º	9	19,0	21,9	2,1	3,2	2,1	0,7
3º	2	15,4	4,9	7,7	4,5	3,7	0,8
4º	1	3,4	2,5	3,4	2,0	0,4	0,2
Total	41	68,2	100	....	....	....	....

Fonte: Confeccionada a partir da Hierarquização da Rede de Drenagem

Com a obtenção dos dados da tabela 01 foi possível quantificar os comprimentos médios dos canais (L_m), que apresentaram os seguintes resultados: primeira 1 km, segunda 2,1km, terceira 7,7 km e quarta 3,4km ordens. Segundo Chistofolletti (1980), de acordo Horton (1945), “o comprimento dos canais pode ser representado pela letra L. “Cada ordem dos canais pode ser representada pela letra u, a soma total dos comprimentos dos canais de água da bacia será representada por L_t ”. Para esse cálculo dividiu-se a soma dos comprimentos médios dos canais de cada ordem L_u pelo número dos seguimentos encontrados na respectiva ordem N_u .

Logo após essa quantificação foram calculadas as relações de bifurcações (R_b), ou seja, “a relação entre o número total de segmentos de determinada ordem (N_u) e o número total dos segmentos da ordem imediata superior (N_{u+1})” (Horton, 1945), chegando aos seguintes resultados: 3,2 para os seguimentos de segunda ordem, 4,5 para os de terceira, 2,0 para os de quarta e 3,2 para a microbacia. Para Summerfield (1991) “estes números variam levemente entre diferentes ordens sucessivas na bacia (entre a primeira e segunda ordem, segunda e terceira ordem e assim por diante)”, isto quer dizer que essa variável deve ser usada para toda a bacia. Straller (1952), enfatiza que os valores característicos da relação de bifurcação estão entre 3,0 e 5,0. O valor encontrado para a microbacia foi de 3,2, pode-se desta forma concluir que segundo Oliver (1979), “um baixo valor pode conduzir a maiores picos de escoamento concentrado com potencial a enchentes principalmente em setores localizados a jusante”. Esse indicador é importante no sentido de caracterizar o escoamento da microbacia. Ao analisar essa variável para a área de estudo entende-se que há possibilidade de enchentes, em especial, no baixo curso.

Considerando a soma do comprimento total de todos os canais da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso podemos concluir que ela possui 68,2 km de escoamento superficial. A partir desse dado quantificou-se à densidade de drenagem (D_d), sendo de 0,70 km/km² considerada baixa, indicando, assim, uma baixa capacidade hídrica superficial. A densidade de drenagem é um fator importante na distribuição do sistema de drenagem de uma bacia, sendo expressa pela relação entre o total do comprimento de todos os canais da rede.

Para a densidade hidrográfica (D_r), relação entre o número de rios e a área da bacia, o valor quantificado foi de 0,42 rios/km². A finalidade da quantificação desse fator foi, segundo Cristofolletti (1980), “comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existente em uma área de tamanho padrão com o km²”.

Outro parâmetro morfométrico analisado foi o índice de circularidade (I_c) que apresentou um valor de 0,67, portanto, a microbacia demonstra uma forma mais circular, com tendência ao não favorecimento ao escoamento superficial e, conseqüentemente, propensa à ocorrência de inundações. Em bacias que apresentam índices de circularidade por volta de 0,51 representam um nível moderado de escoamento, não contribuindo para a concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Já valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação. (Miller,1953 e Schumm,1956). Esse dado foi quantificado a partir da relação entre da área (97,29 km²) e o perímetro da microbacia (42,8 km).

A microbacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso apresenta uma amplitude altimétrica de 215 m, sendo o ponto mais alto, com 915 metros, perto da nascente e o ponto mais baixo, com 700 m na foz. A partir dessa informação foi possível quantificar o a relação de relevo (R_r), que segundo Shumm (1956), a R_r é dada através da amplitude altimétrica e a extensão da bacia, ou seja, seu comprimento. O valor encontrado para a área em foco foi 0,02, sendo considerado baixo. Observa-se que esse dado demonstra o grau de dissecação da área, ou melhor, quanto maior o valor maior a dissecação. Com relação da declividade observa-se que a área de estudo apresenta valores entre 0 a 36% (Figura 06).

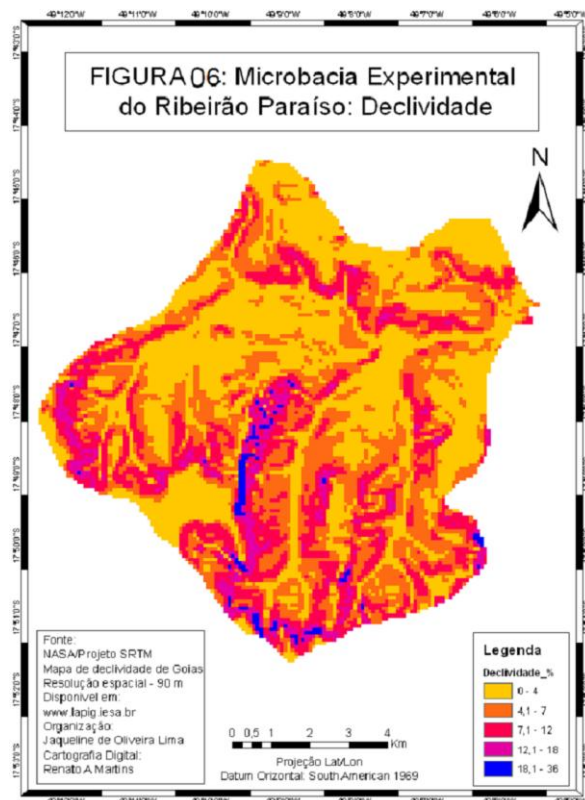


Figura 6: Declividade da microbacia do ribeirão Paraíso

Tabela 02: Classificação da Declividade

Declividade % da Microbacia	Declividade	Classificação Segundo a Embrapa (1979)
		Discriminação
0 - 4	0 - 3	Relevos planos
4,1 - 7	3 - 8	Relevos suavemente ondulados
7,1 - 18	8 - 20	Relevos ondulados
18,1 - 36	20 - 45	Relevos fortemente ondulados
	45 - 75	Relevos montanhosos
	>75	Relevos fortemente montanhosos

Fonte: Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso: Declividade - Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979)

A declividade de uma área é extremamente importante, principalmente no que se refere à distribuição da água entre o escoamento superficial e infiltração, no entanto, analisando as informações da Tabela 02 verifica-se, a Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso possui relevos entre as categorias planos e fortemente ondulados, com destaque para os planos, suavemente ondulados e ondulados. Assim a velocidade do escoamento superficial, dependerá, entre outros fatores, da quantidade de chuva, tipo de solos, cobertura vegetal, além da declividade. Com a combinação das variáveis, amplitude altimétrica e densidade de drenagem quantificou-se a o índice de rugosidade (Ir), obtendo o seguinte valor 0,31 (adimensional). Pode-se dizer que a densidade de drenagem microbacia está intimamente relacionada com a altitude topográfica, ou seja, áreas com alta densidade de drenagem e pequena amplitude altimétrica são tão rugosas quanto áreas de baixa densidade de drenagem e elevada amplitude altimétrica (Patton, 1988).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso – Morrinhos - Go de acordo com a interpretação dos parâmetros morfométricos apresentou uma forma mais circular, possibilitando, assim, um maior risco de enchentes.

Com uma área total de 97,29 km² e um perímetro de 42,8 km a microbacia possui uma hierarquia fluvial de quarta ordem, sendo seus tributários pequenos canais de primeira (29), de segunda (9), e de terceira (2) ordem. | a

A pequena densidade de drenagem na ordem de 0,70 km/km² e a distribuição, em sua maioria, do relevo nas categorias planos e suavemente ondulados, leva-nos a deduzir ser um dos principais elementos do uso das terras, ressaltando que a microbacia apresenta amplas áreas com baixa declividade facilitando a implementação da agricultura mecanizada.

O padrão de drenagem, formando um traçado que lembra os galhos da copa de uma árvore, é do tipo dendrítico. No que se refere ao uso das terras, a microbacia, assim como no município tem sua economia embasada na agropecuária, sendo a pecuária o setor produtivo de maior representatividade. Nos interflúvios planos e suavemente ondulados nota-se um alto grau de mecanização, inclusive com o uso de equipamentos do tipo pivô central, em contrapartida nos terrenos ondulados, ainda, é utilizado à tração animal para no preparo do solo. Observa-se, ainda, que o alto índice de áreas antropizadas pelo uso agropecuário em detrimento da vegetação natural refletiu no grau de comprometimento do meio biótico na área estudada.

Finalmente, um estudo sistemático do meio físico, como clima, vegetação, geologia, geomorfologia, tipos de solos, além do comportamento hídrico, aliados ao entendimento dos processos de uso e ocupação das terras poderiam propor um plano de desenvolvimento gestão dos recursos naturais e conseqüentemente evoluir na qualidade ambiental da Microbacia Experimental do Ribeirão Paraíso.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGENTO, M. S. F. **Mapeamento Geomorfológico** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 1995.

CHIRSITOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 1980.

DREW, D. *Processos interativos homem-meio ambiente*. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS,1979.

HORTON, R. E. *Erosional Development of Streams and Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*. Geological Society American Bulletin: 1945. p. 275 – 370.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <[http:// www.inpe.br](http://www.inpe.br)> - 69 K, acesso em 09 jun. 2008.

JORGE, F. N. DE & UEHARA, K. **Águas de Superfície**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. (Org.) *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE, 1988.

MILLER, V. C. *A quatitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area*. Technical Report (1953), (3), Dept. Geology, Columbia University.

OLIVER, J. E. *Physical Geography: principles and Applications*. Massachusetts: Duxbury Press North Scituate: 1979. p. 547-591.

PATTON, P. C. **Morphometry and Floodes**. In: BAKER, V.; HOCHES, R.C. & PATTON, P. C. *Flood Geomorphology*. New York/Chichester/Brisbane/Singapore. John Willy & Sons, 1988. p 51 – 64.

SCHUMM, S.A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. *Bulletin of Geological Society of America*, n. 67, 1956. p 597-646.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO. Disponível em: <www.sieg.go.gov.br> - 69 K, acesso em 02 maio 2008.

STRAHLER, A. N. *Physical Geography*. New York/London/Sidney/Toronto. John Willey & Sons, 1952. p. 26 – 127.

STRAHLER, A. N. **Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks**. In: CHOW, V. T. *Handbook of Applied Hydrology*. New York McGraw-Hill, 1964. p. 440 – 474.

SUMMERFIELD, M. A. *Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms*. London: Longman, 1991.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DA MICRORREGIÃO DO MEIA PONTE. Goiânia: Convênio SEA – PR/SEMARH-GO. N. 011/96, v. I e II, 1999.

ANÁLISE DO REGIME PLUVIOMÉTRICO DA MICRORREGIÃO GEOGRÁFICA MEIA PONTE, ESTADO DE GOIÁS

Nikson Elias Pinto da Silva¹; Leonardo Batista Pedroso¹
Autor para correspondência: *nikson-silva@hotmail.com*

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

RESUMO

O conhecimento de parâmetros meteorológicos, em específico precipitação pluviométrica é de suma importância para os setores produtivos da sociedade e para a sobrevivência do homem. A oscilação de tais elementos induz, necessariamente, a uma variabilidade nas atividades cotidianas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise do regime pluviométrico na Microrregião Geográfica Meia Ponte. Os dados utilizados foram disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para o processamento espacial dos dados e confecção produtos cartográficos foi utilizado o programa *QGIS 2.14.3*, por meio do qual, dados de 29 estações pluviométricas e uma estação meteorológica foram georreferenciados e projetadas mediante sistema de coordenadas geográficas, Datum WGS 84. O método de interpolação dos dados utilizado foi o Inverso do Quadrado da Distância - IQD. A estatística baseou-se em dados de apenas 14 estações pluviométricas presentes na microrregião. As precipitações médias dos períodos seco e chuvoso, precipitação máxima diária média e precipitação média total anual para a microrregião Meia Ponte, foram de 60,79 mm, 1379,52 mm, 79,19 mm e 1440,31 mm, respectivamente. Os resultados mostram uma tendência negativa para todas as características exceto a precipitação máxima diária anual. A caracterização da pluviosidade local e sua tendência constitui-se numa importante ferramenta para o planejamento de atividades agropecuárias e projetos vinculados a outras atividades que fazem uso de dados climáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Regime Pluviométrico; Meia Ponte; Precipitação

KEY-WORDS: Rainfall Regime; Meia Ponte; Precipitation

INTRODUÇÃO

De acordo com Barros (2009), o clima se constitui como um conjunto de tendências, com uma certa estabilidade, que resulta em condições de tempo permanente, durante um período de tempo mais extenso. Para Ayoade (2010), corresponde a grande número de dados, inclui variabilidade, condições extremas, e as probabilidades de frequência de ocorrência de determinadas condições de tempo, sendo necessário para sua caracterização uma repetição de 30 a 35 anos. Bergamaschi e Matzenauer (2009), ressaltam que o clima é o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações das safras agrícolas brasileiras. Dentre os fatores climáticos, a precipitação pluviométrica se destaca como um dos mais relevantes.

A agricultura, o transporte e a hidrologia tem grande interesse na precipitação pluviométrica, visto que, sua ocorrência em eventos extremos ou de escassez, como cita Amorim (2008), pode ocasionar enchentes, processos de assoreamento de rios, quedas de barreiras e, conseqüentemente, o mau desenvolvimento de culturas, o rebaixamento do nível de reservatórios, entre outras anomalias.

O conhecimento das características pluviométricas de uma determinada região é essencial para o manejo das culturas agrícolas. Segundo Taiz e Zeiger (2013), a água é o recurso mais importante e limitante para as plantas, sua disponibilidade limita a produtividade de ecossistemas naturais, levando a diferenças marcantes no tipo de vegetação que se desenvolve ao longo de gradientes de precipitação. O efeito deletério do excesso

de água no solo ocorre em consequência da remoção de oxigênio, enquanto sua carência pode dificultar o transporte de nutrientes e controle de temperatura, turgidez da planta.

A precipitação pluviométrica é um processo que ocorre aleatoriamente, relacionando-se com a variabilidade de outros elementos climáticos, como a pressão atmosférica e a temperatura da baixa atmosfera, dificultando sua previsão com antecedência. Desta forma, o tratamento dos dados de precipitação pluviométrica é considerado estatístico (MATOS, 2006). A mesma pode influenciar na produtividade das culturas, de tal modo que seu excesso pode causar perdas na colheita e na qualidade de grãos, enquanto as deficiências hídricas, podem ocasionar perdas de produtividade, como observado por Mariano (2010), para cultura da soja na região sudoeste do estado de Goiás. As culturas tradicionais, como soja, milho e algodão não irrigados, por exemplo, apresentam uma correlação entre rendimento e comportamento pluviométrico adverso, chegando a comprometer a produtividade (SILVA et al., 2008). Essa correlação sofre influência da tecnologia e planejamento agrícola empregados. Silva et al. (2009), observaram alta correlação entre as precipitações pluviais durante o período chuvoso e a produtividade de algodão herbáceo no Sertão Paraibano e, para o sisal no Cariri/Curimataú.

Contudo, diferentes padrões de variabilidade da pluviosidade podem ser observados mediante aspectos climáticos regionais. No caso da região Centro-Oeste do Brasil, conforme Nimer (1989), o clima é caracterizado por invernos secos e temperaturas mais brandas, enquanto os verões são chuvosos e com médias térmicas mais elevadas.

A análise destes e de outros dados ambientais pode ser feita por meio de estudos de geoestatística e de modelagem espacial, ambas utilizadas como ferramentas em geoprocessamento, possibilitando, além do tratamento estatístico dos dados relativos às alturas pluviométricas, a espacialização destes (BARBOSA, 2007).

Para a pluviosidade, a tendência de uma série temporal segundo Yevjevich (1972), pode ser definida como uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas. Marcuzzo et al. (2012), Sanches et al. (2016), Pinheiro et al. (2013), Wanderley et al. (2013), Lopes (2013) entre outros autores utilizaram a regressão linear para a determinação de tendências de precipitações pluviométricas para distintas regiões, conforme os objetivos de suas respectivas pesquisas

Embora existam trabalhos que abordem a precipitação pluviométrica para o recorte espacial da Microrregião Meia Ponte, não há trabalhos que especifiquem as características pluviométricas e aspectos estatísticos da mesma, determinando médias e padrões. O objetivo desse trabalho, desta forma, foi realizar análise do regime pluviométrico da Microrregião Geográfica Meia Ponte, Estado de Goiás.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Embora existam trabalhos que abordem a precipitação pluviométrica para o recorte espacial da Microrregião Meia Ponte, não há trabalhos que especifiquem as características pluviométricas e aspectos estatísticos da mesma, determinando médias e padrões. O objetivo desse trabalho, desta forma, foi realizar análise do regime pluviométrico da Microrregião Geográfica Meia Ponte, Estado de Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

O Estado de Goiás possui 18 microrregiões geográficas, das quais, destaca-se a Microrregião Geográfica Meia Ponte, recorte espacial deste estudo, a qual, localiza-se no sudeste do estado de Goiás, possui uma área de 21.165,24 km² e população estimada de 366.538 habitantes, com densidade demográfica de 17,32 hab./km² (IBGE, 2010). Deste total, 10,84% reside em área rural e 89,16% em área urbana.

Utilizando o método de Köppen-Geiger adaptado por Setzer (1966), Cardoso et al. (2014), definiram o clima goiano em quatro classificações climáticas, clima de monção (Am), clima temperado úmido com inverno seco e verão (Cwa), clima temperado úmido com inverno seco e verão úmido (Cwb) e o clima tropical com estação seca no inverno (Aw), predominante na Microrregião Meia Ponte.

A vegetação predominante são as Savanas (Cerrado), havendo áreas significativas de Floresta Estacional Decidual, e de Floresta Estacional Semidecidual, constituindo-se sobre os tipos pedológicos predominantes, solos com B latossólico (Latosolo Vermelho-Amarelo perférico e Latossolo Vermelho-Amarelo mesoférico, Latossolo Vermelho perférico, Latossolo Vermelho mesoférico e Latossolo Vermelho férrico), solos com B textural e argila de atividade baixa (Podzolissolo Vermelho-Amarelo, Podzolissolo Vermelho e Podzolissolo Vermelho latossólico), solos com B nítico (Nitossolo Vermelho férrico), solos com B incipiente (Cambissolos), solos pouco desenvolvidos de áreas altas (Neossolos Litólicos), solos pouco desenvolvidos de áreas baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos) (FILHO et al., 2001). A microrregião, se comparada às demais presentes em sua mesorregião, apresenta maior renda e tem sua economia embasada na agropecuária, sendo agricultura o setor mais representativo segundo a PNDR - Política Nacional de Desenvolvimento Regional.

Segundo o IBGE (2010), a Microrregião Meia Ponte (Figura 1) é constituída pelos municípios de Água Limpa (451,648 km²), Aloândia (101,532 km²), Bom Jesus de Goiás (1.402,825 km²), Buriti Alegre (897.694 km²), Cachoeira Dourada (520,169 km²), Caldas Novas (1.590,242 km²), Cromínia (364,457 km²), Goiatuba (2.474,360 km²), Inaciolândia (687,890 km²), Itumbiara (2.563,369 km²), Joviânia (453,622 km²), Mairipotaba (466,379 km²), Marzagão (228,047 km²), Morrinhos (2.846,592 km²), Panamá (432,546 km²), Piracanjuba (2.406,988 km²), Pontalina (1.428,303 km²), Porteirão (602,105 km²), Professor Jamil (346,262 km²), Rio Quente (258,032 km²), Vicentinópolis (738,201 km²).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo: delimitação dos municípios da Microrregião Geográfica Meia Ponte e os municípios presentes ao seu entorno que possuem estações pluviométricas.

EFEITO DO EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO EM BOCA DO ACRE E LÁBREA, MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS

Sara Angélica Santos de Souza¹; Carlos Alexandre Santos Querino²; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino³; Paulo André da Silva Martins⁴; Paula Caroline dos Santos Silva⁵
Autor para correspondência: eng.amb.sara@gmail.com

¹Universidade Federal do Amazonas. Discente do curso de graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ²Universidade Federal do Amazonas. Meteorologista, doutor em Física Ambiental e professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ³Universidade Federal do Amazonas. Meteorologista, doutora em Física Ambiental e professora do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ⁴Universidade Federal do Amazonas. Discente do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ⁵Universidade Federal do Amazonas. Discente do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.

RESUMO

O Amazonas é o estado de maior extensão territorial da Amazônia Legal e apresenta as menores taxas de desmatamento. Contudo, sua porção sul tem se destacado quanto as alterações de cobertura do solo, o que influencia na estabilidade do clima local e altera a sua normalidade. No entanto, fenômenos climatológicos naturais, como o El Niño, também podem alterar a dinâmica do clima de uma região. De maneira geral, ele provoca aumento e diminuição da precipitação nas regiões Sul/Sudeste e Norte/Nordeste, respectivamente. O objetivo deste trabalho foi analisar os impactos do El Niño, nas intensidades moderada e forte, na precipitação dos municípios Boca do Acre e Lábrea, Sul do Amazonas. Os dados de precipitação (1998 a 2017), para os anos de ocorrência do El Niño, foram adquiridos pelo sensor TRMM_3B42RT acoplado ao satélite TRMM. Os totais sazonais médios (período seco e chuvoso) e anuais dos anos de ocorrência do fenômeno foram comparados com as normais climatológicas de cada município, disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Boca do Acre apresentou 3 anos afetados pelo El Niño e Lábrea foram 5 anos dos 7 eventos analisados. A redução foi em média de 19% no total anual de precipitação em ambas as cidades. Ressalta-se também que o evento atua de forma mais intensa no período chuvoso do sul do Amazonas.

PALAVRAS-CHAVE: ENOS; Amazônia; Pluviometria

EL NIÑO EFFECT AT RAINFALL IN BOCA DO ACRE AND LÁBREA IN AMAZONAS MESOREGION SOUTHERN

ABSTRACT

The Amazon state is the largest in territorial extension of the Legal Amazon and has the lowest deforestation rates. However, the Amazonas southern portion has been highlighted due to the modification of the land cover, which has influence in the local climate pattern stability. Nevertheless, natural climate phenomenon, such as example The Niño, can also change the dynamic climate of certain region. Generally, El Niño increases and decreases the rainfall in the Southern / Southwestern and Northeastern / Northern regions, respectively. The main aim of this paper was to analyze the El Niño impact, in the moderated and strong

intensities, in the rainfall at Boca do Acre and Lábrea city, Southern of Amazonas. The rainfall data, to the years of El Niño occurrence, were collected by the TRMM_3B42RT coupled in the TRMM satellite. The annual and seasonal averaged totals (dry and wet period) have been compared to the climate data of each city and available on the National Weather Institute (INMET) website. Boca do Acre have shown 3 years affected by the El Niño in while Lábrea have presented reduction in the rainfall in 5 years from the 7 events analyzed. The total reduction was 19% of the annual amount of rainfall in both cities. We highlight that each event has more intensity during the wet period in the Southern of Amazonas.

KEY-WORDS: ENOS; Amazonia; Rainfall

INTRODUÇÃO

A Amazônia legal, abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, parte do Maranhão e cinco municípios de Goiás. O estado do Amazonas situa-se na região equatorial do Brasil e possui extensão territorial de aproximadamente 1.559.146,876 km² (IBGE, 2018). Por ser uma região de constante crescimento e desenvolvimento, este estado, e principalmente sua porção sul, tende a sofrer alterações climáticas com o passar do tempo. A substituição de áreas de florestas por pastagem e área urbana alteram significativamente a variabilidade espaço-temporal de algumas variáveis (PAVÃO et al, 2016).

Dentre os estados da Amazônia Legal, o Amazonas apresenta uma das menores taxas de desmatamento, dos quais, os maiores índices, ocorrem nos estados de Maranhão (40,06%) e Rondônia (38,31%) (INPE, 2018). Contudo, a porção sul do Amazonas se destaca quanto às alterações da cobertura do solo, que ocorre por diversos fatores tais como a conversão de floresta em pastagem e o corte aliado a queima de floresta para cultivo (PAVÃO et al., 2015). Neste contexto, o sul do Amazonas é uma região importante e estratégica para impedir o avanço deste desmatamento na Amazônia (TAVARES & CORDEIRO, 2017).

Esse desenvolvimento pode influenciar na estabilidade do clima, seja local ou regional, alterando o padrão das variáveis meteorológicas, principalmente a temperatura e a precipitação (SOUZA et al., 2018). Nos últimos anos as regiões oeste e sul do estado do Amazonas têm passado por mudanças do uso e ocupação da terra principalmente por atividades de garimpeiros, grilagem de terras públicas, projetos de colonização, obras de infraestrutura, agricultura extensiva, pecuária e madeireiros (MARGULIS, 2003).

Contudo, não são apenas ações antrópicas as responsáveis pelas mudanças no clima. Fenômenos naturais podem também influenciar na dinâmica do clima como, por exemplo, o ENOS, influenciando principalmente a normalidade da precipitação na região. Esta variável, por sua vez, é considerada a mais importante para entender o comportamento do clima da Amazônia. De Souza et al. (2016) afirmam que na distribuição da precipitação sobre a América do Sul, a Amazônia destaca-se como a região que apresenta tanto a maior área espacial como a maior intensidade (em média entre 4 e 10 mm/dia) do volume pluviométrico sobre o continente.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, constituído de dois componentes: o oceânico, denominado El Niño (EN), e o atmosférico, a Oscilação Sul (OS). Ele é caracterizado pela alteração anômala da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico equatorial central e leste, tendo a fase positiva ou águas mais quentes que as normais (El Niño) e a negativa (La Niña), sendo a fase fria (ANDREOLI & KAYANO, 2007; MOLION, 2017).

O fenômeno tem duração de 6 a 18 meses cada fase, de um total de 3 a 4 anos para um ciclo completo (MOLION & LUCIO, 2013). O Índice Oceânico Niño (ION) identifica as anomalias da superfície do oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses. Quando o ION for $\geq 0,5$ °C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño (MARCUSO & ROMERO, 2013; SOUZA et al, 2018).

A nível global, o ENOS exerce influência principalmente na temperatura. Em estudo, Spencer (2016) e Molion (2017) verificaram que no El Niño de 1997/98 a temperatura global registrou um desvio positivo de + 0,74°C em abril de 1998 e, no de 2015/16, a temperatura global de fevereiro de 2016 atingiu a marca de + 0,83°C acima da média.

No Brasil, ele exerce marcante influência sobre as variabilidades climáticas regionais, principalmente por causar do seu impacto na precipitação pluviométrica (GUIMARAES & REIS, 2012). Entre essas consequências, destaca-se o aumento da precipitação nas regiões Sul e Sudeste e sobretudo a diminuição no Norte e Nordeste, provocando grandes secas, como ocorreu em 1982/83 e 1997/98, anos de El Niño forte (OLIVEIRA et al., 2015; MOLION et al., 2006). O contrário ocorre em anos de La Niña. Por sua vez, a escassez de chuva provoca perturbações nas atividades cotidianas, como prejuízos à agricultura, queimadas, abastecimento humano e geração de energia elétrica por hidrelétricas (LIMBERGER & SILVA, 2016; RAMOS et al., 2015).

Em estudo, Serrão et al (2015) observaram que nos anos de 2005 e 2010 a precipitação pluviométrica na bacia rio Solimões foi reduzida devido a atividades de El Niño na região. Os autores também afirmam que nos últimos anos, a Amazônia vem sofrendo com eventos extremos cada vez mais intensos e em um curto prazo entre cada evento, que afetam cada vez mais a relação homem-natureza.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar os impactos do El Niño, categorias forte e moderada, na precipitação dos municípios de Boca do Acre e Lábrea, mesorregião sul do Amazonas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho abrange dois municípios pertencentes a mesorregião sul do Amazonas: Boca do Acre (08° 45' 08" S, 67° 23' 52" W, 116m) e Lábrea (07° 15' 31" S, 64° 47' 53" W, 75m) (Figura 1). Os municípios desta mesorregião estão estrategicamente ligados sob dois aspectos: a produção madeireira, em razão do grande potencial da região e da existência de Unidades de Conservação de Uso Sustentável e a produção pecuária, principalmente aquela de grande porte que ocorre na região da BR-230 – Transamazônica.

O clima do sul do Amazonas é do tipo Am, tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). A região apresenta elevado índice pluviométrico anual, que pode ultrapassar 1750 mm, possuindo dois períodos bem definidos: um chuvoso prolongado (outubro a abril) e um seco (junho a agosto) de pequena duração, sendo os outros meses períodos de transição (maio e setembro) (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018). A distribuição desse clima ocorre devido à combinação de vários fatores, no qual o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia (PAVÃO et al., 2016; 2017).

Em relação aos totais pluviométricos, Lábrea atinge 2034,9 mm no período chuvoso e 221,5 mm no período seco, totalizando 2256,4 mm anuais, de acordo com a normal climatológica provisória calculada, e Boca do Acre atinge o total anual de 2111,8 mm, com 1922 mm no período chuvoso e 189,2 no período seco.

Figura 1. Localização geográfica dos municípios Boca do acre e Lábrea, no sul do Amazonas, Brasil.

Boca do Acre

Boca do Acre faz divisa com o estado do Acre em sua extremidade sul, com Lábrea a leste e Pauini ao norte e oeste (PIONTEKOWSKI et al., 2011). O município possui população de aproximadamente 33.976 habitantes e um território de 21.938,592 km², onde 21,50% é destinado para Unidades de Conservação (UCs) estaduais e federais e 9,72% são Terras Indígenas (IBGE, 2018).

A região destaca-se por possuir o maior rebanho bovino do sul do estado do Amazonas, o que define o uso predominante da terra na região para a pecuária (TAVARES & CORDEIRO, 2017). Possui também alto potencial madeireiro e não madeireiro, beneficiando-se de espécies nativas, como açaí e óleos vegetais, além da própria madeira e do manejo de cacau. Assim, o município ganha destaque em relação ao desflorestamento no sul do Amazonas, possuindo o maior índice estimado até o ano de 2017 (INPE, 2018).

Lábrea

O município de Lábrea localiza-se às margens do Rio Purus, a 610 km da capital Manaus, e faz divisa com os municípios de Boca do Acre, Pauini, Canutama e Tapauá e os estados de Rondônia e Acre (SILVA, 2017). Possui população estimada em 45.245 habitantes e área territorial de 33.111,164 km², sendo que 53,99% são destinados a UCs estaduais e federais, 22,93% são terras indígenas e 2,47% são assentamentos (IBGE, 2018).

O município conta com pequenas indústrias, serviços e mercados para sustentar a economia voltada para produção extrativista, com especial destaque para a coleta e beneficiamento de castanha, óleos, borracha, madeira e agricultura familiar. A produção pecuária ocorre em especial ao longo da BR 230 e na parte sul do município, mantendo as principais relações comerciais com o município de Boca do Acre e estado de Rondônia (TAVARES & CORDEIRO, 2017). Ainda de acordo com os autores, dos municípios que fazem parte do Arco do desmatamento, Lábrea, em 2016, foi o município com o maior índice de desmatamento, cerca de 380.714,51 hectares do seu território.

Dados

Foram utilizados dados de precipitação obtidos pelo sensor TRMM_3B42RT do satélite Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) e disponibilizados no site da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>). Eles foram tratados e analisados através de totais pluviométricos sazonais (período seco e chuvoso) e anuais. Para efeito de referência, os totais médios anuais foram comparados com as normais climatológicas provisórias (valores médios máximos de trinta anos de dados) da precipitação de cada município. Os dados de ION (Índice Oceânico Niño), apenas nos anos de intensidade forte (anomalia acima de 1,5 °C) e moderada (anomalia entre 1,0 e 1,4 °C), foram adquiridos no site do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos NOAA (National Weather Service (www.nws.noaa.gov)) (Tabela 1).

Tabela 1. Anos de ocorrência do fenômeno El Niño nas intensidades moderada e forte.

Fenômeno	Intensidade	Anos
El Niño	Moderado	2002-2003, 2009-2010
	Forte	1998, 2015-2016

Processamento dos dados

O termo Normal Climatológica Provisória é empregado quando o número de anos para os quais se dispõe de médias mensais, para a apuração da média climatológica, é menor que 30 e igual ou maior que 10 (INMET, 2009). Para tanto, utilizou-se dezoito anos de dados do satélite TRMM, no período de 1998 a 2017. Assim, a normal obtida para Boca do Acre foi de 2111,8 mm anuais e 2256,4 mm anuais em Lábrea.

Intervalos de confiança foram estimados seguindo a equação $IC_{95\%} = \mu \pm e_o$, sendo μ a média calculada, e_o a margem de erro dada por $e_o = Z \cdot \sigma/n$, em que Z é o valor da distribuição normal padrão para 95% de confiança ($Z = 1,96$), σ o desvio padrão calculado e n o número de informações. Os $IC_{95\%}$ foram plotados em gráficos e comparados com o valor da normal climatológica considerando os respectivos períodos sazonais (chuvoso e seco) por ano e por cidade estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Boca do Acre apresentou nos anos 1998, 2015 e 2016 uma redução na precipitação respectivamente de 40,7%, 1,2% e 17,6%, quando comparou-se com a normal climatológica (Tabela 2). O ano de 1998 apresentou a menor precipitação dos anos estudados, com uma diferença da normal de aproximadamente 860 mm. Esses resultados são justificados pela ocorrência do El Niño forte ocorrido no período de 1997/98, que gerou secas severas no Norte do país durante esses anos. Em 1998, a redução na precipitação ocorreu devido ao evento forte que teve início em 1997 e perdurou até o fim do primeiro semestre de 1998, com as maiores anomalias sucedidas nos 3 primeiros meses do ano (período chuvoso). Souza et al. (2015) observou que os maiores regimes de precipitação ocorrem no ano posterior ao início do evento, o que justifica os resultados alcançados.

Em estudo, Diniz (1998) mostraram resultados parecidos no centro e leste do Amazonas e no estado de Mato Grosso, mostrando que este fenômeno afetou diretamente as regiões com climas tropical e equatorial. De semelhante modo, Barbosa & Fearnside (1999) abordaram incêndios florestais ocorridos na Amazônia neste evento específico e afirmaram que este maximiza os efeitos das queimadas devido à ausência de precipitação, o que resulta na dificuldade de controlar os incêndios.

No município de Lábrea, um total de quatro anos (1998, 2010, 2015 e 2016) dos sete estudados apresentou diminuição da precipitação em relação a normal, de 14,1%, 22,4%, 24,6% e 26,8% respectivamente (Tabela 3). A maior anomalia ocorreu em 2016, com aproximadamente 455 mm de precipitação a menos que o esperado. Ressaltasse-se também o biênio de 2015/16, que apresentou uma redução média da precipitação de 25,7% neste município.

O El Niño de 2015/16 foi o evento de intensidade forte mais recente. De acordo com Grimm (2015), o esperado para este período era uma intensidade forte, porém não tão intenso quanto o que ocorreu em 1997/98. Este El Niño teve início no verão austral de 2015 e se estendeu até o outono de 2016, de modo que os índices mais elevados foram registrados entre outubro de 2015 e fevereiro de 2016, período que coincide com a estação chuvosa na Amazônia (PEREIRA et al., 2017). Em geral, os eventos de El Niño tendem a impactar muito mais na estação chuvosa da região Amazônica do que na estação seca (MOURA et al., 2019).

O período de 2010 também demonstrou uma relevante decaída na precipitação neste município, numa média de 356,4 mm neste ano. Alves et al. (2013) afirmam que este El Niño, que teve início no segundo semestre de 2009, gerou acúmulo de precipitação abaixo da média, afetando principalmente a estação chuvosa e tendo duração até o fim do período seco, de modo que provocou redução de precipitação em 3 milhões de quilômetros quadrados da floresta Amazônica.

Todavia, ambos os municípios apresentaram anos em que a precipitação aumentou. Em Boca do Acre, os anos de 2002, 2003, 2009 e 2010 tiveram um aumento na precipitação de 14,1%, 2,6%, 10,1% e 24,2%, respectivamente, e em Lábrea o aumento foi de 8%, 5,3% e 4,5% nos anos de 2002, 2003 e 2009. Diferença semelhante também foi obtida num estudo realizado no município de Humaitá - AM, onde Souza et al. (2018) observou que apenas 71% dos casos de El Niño forte refletem em anomalias negativas da precipitação no sul do Amazonas.

Além das secas que foram associadas a intensos eventos de El Niño, como os de 1982/83 e 1997/98, outras ocorridas em 1964 e 1980 não estiveram associadas a este fenômeno (MARENGO et al., 2007). Isto indica que apenas 40% da variabilidade da precipitação na Bacia Amazônica ocorre devido as anomalias de TSM no Pacífico Tropical. O autor ainda destaca o efeito de outras fontes, como o gradiente meridional SST no inter Atlântico tropical (que afeta principalmente a região norte e central da Amazônia), ou processos de superfície terrestre e grande frequência de transientes do Atlântico Sul (afetando o sul da Amazônia), para justificar a variabilidade interanual da precipitação na região (MARENGO et al., 2007).

No sul do Amazonas é comum a incursão de frentes frias entre os meses de maio e setembro (ARTAXO et al., 2014). Assim, alguns impactos do El Niño não são sentidos devido a condição climática própria da

região. Em estudo realizado em Porto Velho – RO, Bezerra et al. (2010) ressaltou que dos desvios de precipitação pluviométrica abaixo da faixa de variabilidade, apenas 11,9% ocorreram em anos de El Niño, onde o ano de 1998 apresentou um desvio negativo de 468 mm comparado a precipitação normal do município.

Ressalta-se também o efeito mais significativo do evento no período chuvoso dos municípios estudados. Em Lábrea, no período chuvoso, a redução da precipitação foi em média 260,8 mm cada ano em que o evento foi mais forte (1998, 2015 e 2016), enquanto que no período seco a redução foi de 82,9 mm por ano. Em Boca do Acre, a redução foi numa média de 371 mm no período chuvoso de cada ano e apenas 47,4 mm no período seco. Ao analisar as cheias e secas no Amazonas, Sales et al. (2010) afirmou que de 100% das cheias que ocorrem nos rios Negro e Solimões, apenas 30% acontecem em anos com atividades de El Niño.

Tabela 2. Total pluviométrico anual, sazonal e diferença em relação a normal climatológica para Boca do Acre, Amazonas.

Anos	Período chuvoso (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da normal (mm)
1998	1145,6	107,3	1252,9	-858,9
2002	2233,5	177,0	2410,5	298,7
2003	1890,6	275,4	2166,0	54,2
2009	2071,3	254,2	2325,5	213,7
2010	2352,6	269,5	2622,2	510,4
2015	1910,1	176,9	2087,0	-24,8
2016	1599,7	141,2	1740,9	-370,9

Tabela 3. Total pluviométrico anual, sazonal e diferença em relação a normal climatológica para Lábrea, Amazonas.

Anos	Período chuvoso (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da normal (mm)
1998	1969,1	117,2	2086,3	-170,1
2002	2288,4	298,6	2587,0	330,6
2003	2231,1	293,2	2524,3	267,9
2009	2099,9	203,1	2099,9	46,6
2010	1767,4	132,6	1900,0	-356,4
2015	1738,8	111,7	1850,5	-405,9
2016	1614,3	186,8	1801,1	-455,3

Análises estatísticas

A Figura 2 apresenta, por anos, os intervalos de confiança (95%) da precipitação (mm) nos municípios Lábrea (Figura 2B) e Boca do Acre (Figura 2A), em comparação às médias das normais climatológicas para

os períodos chuvoso e seco. Lábrea apresentou mais alterações significativas em relação à normal climatológica que Boca do Acre.

Comparando-se a quantidade de precipitação no período chuvoso e no período seco do município de Boca do Acre (Figura 2A), observa-se que no período chuvoso do ano de 1998, a precipitação ficou significativamente abaixo da linha de média estimada para aquele período, devido a ação do evento forte de 1997/98. Ressalta-se que, conforme já apresentado na tabela (2), este foi o ano mais afetado pelo evento, com o menor valor de precipitação do período estudado.

O município de Lábrea (Figura 2B) apresentou a maior quantidade de períodos sazonais fora da linha de média, nos quais, o período seco do ano de 1998 e o período seco do ano de 2016, apresentaram maior impacto do evento neste município.

Em estudo semelhante no estado do Mato Grosso, Sette & Tarifa (2002) verificaram que eventos fortes de El Niño, como o que ocorreu em 1998, provocam alterações em regiões como os climas tropical e equatorial, e que a principal alteração diz respeito à diminuição da precipitação, principalmente no período chuvoso, o que justifica a maioria das anomalias do período estudado terem ocorrido neste período.

Figura 2. Intervalos de Confiança (95%) da precipitação (mm) nos períodos sazonais para os municípios Boca do Acre (A) e Lábrea (B).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O fenômeno El Niño, com magnitude moderada e forte, influenciou mais a precipitação do município de Lábrea do que a do município de Boca do Acre. Destaca-se que os principais efeitos do fenômeno foram observados no período chuvoso para ambos os municípios, e que esses efeitos são mais evidenciados em fenômenos de intensidade forte.

Sugere-se que estudos explanando os demais municípios do sul do Amazonas sejam realizados, visando uma abrangência maior dos efeitos do fenômeno.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimentos: Ao programa de PIBIC da Universidade Federal do Amazonas, pela concessão de bolsa da primeira autora projeto PIB-E/0078/2018 - UFAM. Ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, pela disponibilidade dos dados. Os autores também são gratos a CAPES pela manutenção do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, L. M.; MARENGO, J.A.; CAVALCANTI, I.F.A. Históricos de Seca na Amazônia. In: BORMA, L.; NOBRE, C. A. Nobre. **Secas na Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 50 – 53.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711 – 728, 2014.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n. 1, p. 63-74, 2007.

- ARTAXO, P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NAGY, L.; LUIZAO, F. J.; CUNHA, H. B., QUESADA, C. A. N., MARENGO, J., KRUSHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, p. 41-46, 2014.
- BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento El Niño (1997/98). **Revista Acta Amazônica**, v. 29, p. 513-534, 1999.
- BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T., TRINDADE, A. G. Caracterização Temporal da Precipitação Pluvial do Município de Porto Velho/RO no Período de 1945 a 2003. **Sociedade & natureza** (UFU. Online), v. 22, p. 609-623, 2010.
- DE SOUZA, E. B.; CARMO, A. M. C.; MORAES, B. C.; NACIF, A.; FERREIRA, D. B. S.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA, P. J. O. P.; LOPES, M. N. G.; ROCHA, E. J. P. Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo regcm4. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 2237-8642, 2016.
- DINIZ, F. D. A. El Niño e sua influência no período de inverno de 1997 em algumas regiões do Brasil. **Bulletin de l'Institut français d'études andines**, v. 27, p. 771-778, 1998.
- GRIMM, A. M. EL NIÑO, NOVAMENTE! **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 351 - 357, 2015.
- GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. Impactos do fenômeno ENOS sobre a temperatura no Brasil. **Revista Espinhaço**, v. 1, p. 34-40, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatística Populacional – Estimativa 2017**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html> >. Acesso em: 25 de outubro de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. p.465. Brasília, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica por satélite**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 25 out, 2018.
- LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Revista Geosp – Espaço e Tempo**, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.
- MARCUZZO, F.F.N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n. 4, p. 429 - 440, 2013.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, I. F. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, p. 495-516, 2007.
- MARGULIS, S. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira. Banco Mundial: 1ª Ed. P. 100. Brasília, 2003.
- MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21. p. 2237-8642 (Eletrônica), 2017.
- MOLION, L. C. B.; LUCIO, P. S. A Note on Pacific Decadal Oscillation, El Nino Southern Oscillation, Atlantic Multidecadal Oscillation and the Intertropical Front in Sahel, Africa. **Atmospheric and Climate Science**, v. 03, p. 269-274, 2013.

MOLION, L. C. B.; IMBUZEIRO, H. M. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Chuvas intensas no Leste da Amazônia: Fevereiro de 1980. **Climanálise**, v.3, p. 1-9, 2006.

MOURA, M. M.; SANTOS, A. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, S. F.; PIMENTEL, S. M.; ANDRADE, M. S. S.; SILVA, F. G. R.; BRANCO, E. R. F.; MOREIRA, T. R.; SILVA, R. G.; CARVALHO, J. R. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1639–1651, 2019.

OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no Número de Dias de Precipitação Pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 34, p. 284-297, 2015.

PAVÃO, L.L., QUERINO, C. A. S., BIUDES, M. S.; PAVAO, V.M.; QUERINO, J. K. A. S., MACHADO, N. G.; MACHADO, N. G.; BENEDITTI, C. A.; PEIXOTO, K. L. G. Distribuição espaço-temporal da temperatura da superfície urbana do município de Humaitá – Sul do Amazonas. **Revista Ra' e Ga**, v. 42, p. 210-224, 2017.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVAO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Temperatura e albedo da superfície por imagens Tm Landsat 5 em diferentes usos do solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 169, 2015.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVÃO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variação espacial e temporal do saldo de radiação superficial em uma área do Sul do Amazonas, Brasil. **Revista Ra' e Ga**, v. 37, p. 333-352, 2016.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K.A.S.QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá – Am. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 463-475, 2018.

PEREIRA, H. R.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 293-310, 2017.

PIONTEKOWSKI, V. J.; SOUZA S.; PINHEIRO T.; COSTA, F. C.; MENDOZA E. O avanço do desflorestamento no município de Boca do Acre, Amazonas: estudo de caso ao longo da BR-317. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Curitiba, 2011.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; SEABRA JUNIOR, S.; QUEIROZ, T. M. Precipitação pluvial de Diamantino – MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 71-80, 2015.

SALES, N. D.; REBELLO, E. R.; SILVA, J. F. As Maiores cheias e secas no Amazonas e as influências dos Fenômenos El Niño, La Niña, ODP e OMA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Belém, 2010.

SERRÃO, E. A. D. O.; SANTOS, C. A. D.; WANZELER, R. T. S.; GONÇALVES, L. D. J. M.; LIMA, A. M. M. D. Avaliação da seca de 2005 e 2010 na Amazônia: análise da bacia hidrográfica do rio Solimões. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 9, p. 5–20, 2015.

SPENCER, R.W. Global Warming. Disponível em: <<http://www.drroyspencer.com/latest-global-temperatures/>>. Acesso em: 23/08/2018.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. A influência do El Niño 97/98 no clima do Mato Grosso. **Geosp** (USP), v. 11, p. 22-43, 2002.

SILVA, F. A. **Análise Temporal da Variação Vegetal pela ação do Fogo no Município de Lábrea - Estado do Amazonas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amazonas. Itacoatiara, p. 72, 2017.

SOUZA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I. SOUZA, J. O. P.; BOTELHO, M. N. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 13-24, 2015.

SOUZA, S. A. S.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; SANTOS, L. O. F. Impactos do El Niño na precipitação em Humaitá - AM. In: Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 5, 2018, Manaus. **Anais do Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2018.

RISCOS CLIMÁTICOS PARA A BROTAÇÃO DE VIDEIRAS NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Marco Antônio Fonseca Conceição¹
Autor para correspondência: marco.conceicao@embrapa.br

¹Embrapa Uva e Vinho

RESUMO

A incidência de temperaturas baixas no período de brotação pode afetar o desempenho das videiras na região noroeste do estado de São Paulo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível de risco para a cultivar 'Niágara Rosada' em diferentes épocas do ano, nas condições do noroeste paulista. O trabalho foi realizado com base em uma série climática histórica de 1995 a 2018. Verificou-se que o período de maior risco térmico para a brotação da cultivar Niágara Rosada, na região noroeste de São Paulo, vai de 01/05 a 31/08.

PALAVRAS-CHAVE: uva; viticultura; vitis labrusca

CLIMATE RISK FOR GRAPEVINE BUD BREAK IN THE NORTHWEST REGION OF SÃO PAULO STATE

ABSTRACT

The incidence of low temperatures in the budding period can affect the performance of grapevines in the northwest region of the state of São Paulo. The objective of this work was to evaluate the level of risk for the cultivar 'Niágara Rosada' at different periods of the year, in the conditions of northwest São Paulo. The work was carried out based on a historical climatic series from 1995 to 2018. It was verified that the period of greatest thermal risk for Niagara Rosada bud break, in the northwest region of São Paulo, run from 05/01 to 08/31.

KEY-WORDS: grape; viticulture; vitis labrusca

INTRODUÇÃO

A videira 'Niágara Rosada' (*Vitis labrusca*) é uma das principais cultivares adotadas pelos produtores de uvas de mesa da região noroeste de São Paulo (MAIA et al., 2018). Nessa região, as podas de produção podem ser realizadas em qualquer época do ano, em função do clima tropical e do uso de irrigação nas propriedades (CONCEIÇÃO; TONIETTO, 2012). De uma forma geral, as podas de produção são realizadas no final do verão, nos meses de outono e no início do inverno. Já as podas de formação de ramos são efetuadas após a colheita, normalmente no final do inverno e início da primavera.

Tem-se observado que a incidência de baixas temperaturas, após as podas, pode levar a uma brotação irregular das plantas e à perda acentuada de produtividade final (MAIA et al., 2015). Isso ocorre em função da dificuldade de emissão e desenvolvimento das brotações após as podas, principalmente quando elas são realizadas nos meses de maio e julho (FRACARO; PEREIRA, 2004). De acordo com Maia et al., (2015),

temperaturas mínimas abaixo de 13 °C, provocam uma péssima brotação; entre 13°C e 18°C, a brotação é irregular; e quando são iguais ou superiores a 18 °C a brotação é regular.

Daí a necessidade de se orientar os produtores quanto aos riscos inerentes às diferentes épocas de brotação, buscando-se evitar a queda de produção dos frutos.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi determinar as épocas maiores riscos para a brotação da cultivar ‘Niágara Rosada’ na região noroeste de São Paulo, em função da ocorrência de baixas temperaturas nos períodos iniciais de desenvolvimento vegetativo das plantas.

MATERIAIS E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas com base em dados históricos decendiais de temperaturas mínimas do ar, obtidos no período de 1995 a 2018 na estação meteorológica da Embrapa Uva e Vinho, localizada em Jales, SP. A estação está localizada na região noroeste do estado de São Paulo, à latitude 20° 10' S, longitude 50° 36' W e altitude 460 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), sendo que as temperaturas mínimas (Tmin) mensais oscilam entre 14,3°C e 20,6°C. No entanto, durante o outono e o inverno é comum a ocorrência de dias consecutivos com Tmin mais baixas quando chegam massas de ar frio na região, vindas do sul do Brasil (CONCEIÇÃO; TONIETTO, 2012). Foram determinadas, na série histórica estudada, as frequências de ocorrências de temperaturas do ar abaixo de 18°C e 13°C, ao longo dos 36 decêndios do ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios decendiais da temperatura mínima do ar, na região noroeste de São Paulo, oscila entre 14°C e 21°C (Figura 1). No período entre 01/05 a 31/08, são registrados os menores valores, todos abaixo de 16°C (Figura 1).

Na Figura 2 são apresentados as porcentagens de dias, em cada decêndio do ano, em que foram registradas temperaturas diárias abaixo de 18°C. Observa-se que de 01/01 a 31/03 e de 11/10 a 31/12, o risco de ocorrência de valores abaixo de 18°C é inferior a 20%, sendo considerado, portanto, períodos de baixo risco climático para a brotação da cultura. Esses decêndios apresentam, também, riscos inferiores a 5% de ocorrência de temperaturas abaixo de 13°C (Figura 3).

Nos decêndios entre 01/04 e 20/04 e 11/09 a 10/10 o risco é classificado como médio, uma vez que a frequência de ocorrências de temperaturas abaixo de 18°C é inferior a 40% (Figura 2). Nesses períodos, a ocorrência de temperaturas inferiores a 13°C fica abaixo de 10% (Figura 3).

Já entre 21/04 e 10/09 a ocorrência de temperaturas menores que 18°C supera os 40% (Figura 2), sendo que no período de 01/05 a 31/08 a frequência de temperaturas inferiores a 18° é superior a 60% (Figura 2). Nesse período, a porcentagem de dias com temperaturas abaixo de 13°C é superior a 15% (Figura 3).

Dessa forma, as brotações ocorridas, principalmente, entre 01/05 e 31/08 correm um alto risco de afetar o desempenho da cultivar Niágara Rosada, levando a um desenvolvimento vegetativo irregular e a baixas produtividades. Esse período coincide, em parte, com as observações apresentadas por Fracaro e Pereira (2004).

Para o ciclo de produção, a brotação deverá ocorrer, preferencialmente, até o último decêndio de março, podendo, ainda, ocorrer até o dia 20/04, com risco médio de incidência de temperaturas baixas. Já para o ciclo de formação dos ramos, o ideal é que a brotação ocorra a partir de 11/10, sendo que depois de 11/09 até 10/10 o risco de incidência de baixas temperaturas é médio.

Pequenos produtores devem adequar suas podas para atender a esses intervalos que apresentem riscos baixo ou médio. Já, produtores que apresentam áreas maiores, necessitam escalonar suas podas em diferentes épocas. Com isso, muitas fileiras de plantas acabam, normalmente, tendo o seu desenvolvimento em períodos de maior risco climático para a cultura.

Figura 1

Figura 1: Valores médios decendiais da temperatura mínima do ar (Tmin) em Jales, noroeste do estado de São Paulo.

Figura 2

Figura 2: Porcentagem de dias em cada decêndio do ano com temperaturas mínimas diárias abaixo de 18°C.

Figura 3

Figura 3: Porcentagem de dias em cada decêndio do ano com temperaturas mínimas diárias abaixo de 13°C.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O intervalo entre 01/05 a 31/08 é o que apresenta o maior risco térmico para a brotação da cultivar Niágara Rosada, na região noroeste de São Paulo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CONCEIÇÃO, M.A.F.; TONIETTO, J. **Clima vitícola da região de Jales (SP)**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 32p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 81).

FRACARO, A.A.; PEREIRA, F.M. Efeito do ethephon sobre a brotação e vigor dos ramos da videira 'Niagara Rosada' (*Vitis labrusca* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.3, p.399-402, 2004.

MAIA, J.D.G.; GARRIDO, L.R.; CONCEIÇÃO, M.A.F. Manejo da uva 'Niagara' em regiões tropicais. **Informe Agropecuário**, v.36, n.289, p.7-12, 2015.

MAIA, J.D.G.; RITSCHER, P.; LAZAROTTO, J.J. A viticultura de mesa no Brasil: produção para o mercado nacional e internacional. **Territoires du vin**, v.9, 2018, p.1-10. Disponível em: <https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1546>. Acesso em: 02 abr. 2019.

CLIMATOLOGIA DE COBERTURA DE NUVENS EM PERÍODO DE EL-NIÑO E LA-NIÑA SOBRE A REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL

Vanessa Lima Emidio¹; Juan Jacque Monteiro¹; Marcelo Barbio Rosa²; Rita de Cássia Silva von Randow¹
Autor para correspondência: vanessaemidio21@gmail.com

¹FATEC Jacareí; ²Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) - CPTEC

RESUMO

Este artigo tem por finalidade analisar a cobertura de nuvens em períodos do evento El Niño ou La Niña em área localizada na região Centro-Sul do Brasil. Foram usadas imagens de satélites da família GOES entre os anos de 1983 a 2015 em séries trimestrais (DJF, MAM, JJA e SON). Foi usado o método estatístico t-Student para avaliar a significância da diferença de cobertura de nuvens entre os anos de El-Niño e La-Niña. Realizou-se avaliações dos possíveis impactos quanto ao período de plantio e colheita dos principais cultivos destas regiões. A principal conclusão é a de que há significância na variação da cobertura de nuvens nas Regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sul e em diferentes estações do ano.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura de nuvens; El-Niño; La-Niña

CLIMATOLOGY OF CLOUD COVER IN EL NIÑO AND LA NIÑA PERIOD OVER THE CENTER-SOUTH REGION OF BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this article is to analyze cloud cover during periods of the El Niño or La Niña event in an area located in the Center-South region of Brazil. Images from GOES family satellites were used between 1983 and 2015 in quarterly series (DJF, MAM, JJA and SON). The t-Student statistical method was used to evaluate the significance of the cloud cover difference between El Niño and La Niña years. Evaluations of the possible impacts on the period of planting and harvesting of the main crops of these regions were carried out. The main conclusion is that there is significant variation in cloud cover in the Midwest, Northeast and South regions and in different seasons.

KEY-WORDS: Clouds cover; El-Niño; La-Niña

INTRODUÇÃO

Os fenômenos El-Niño e La-Niña são padrões climáticos naturais que derivam da influência atmosférica-oceânica. Ambos são caracterizados por anomalias de temperatura da superfície do mar e da circulação atmosférica, ocasionando impactos em nível regional e global (Salini, 2011). Enquanto o El-Niño consiste no aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial (anomalias de temperatura positivas), o fenômeno La-Niña é o oposto, gerando o resfriamento das águas do Pacífico Equatorial (anomalias de temperatura negativas).

Os efeitos El-Niño e La-Niña acometem o setor agrícola devido à sua correlação direta como influenciador das variáveis agrometeorológicas, como por exemplo, a incidência de chuva, estiagem, aumento da

temperatura ou seca (Schaab, 2018). A agricultura, sobretudo a produção de grãos, é uma das principais bases econômicas da Região Centro-Sul do Brasil. Deve-se ponderar que, perante um período de anormalidade climática, não somente o setor agrícola sofrerá impacto, mas também os demais setores na cadeia produtiva.

O conhecimento sobre cobertura de nuvens em imagens de satélites é um indicador da possibilidade de ocorrência de chuvas em determinada região. O uso da informação dos satélites geostacionários é de especial importância para esse fim.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar características da nebulosidade na região centro-sul do Brasil em períodos de El-Niño e La-Niña, com base em imagens multiespectrais da família de satélites GOES desde 1983 até 2015 e seus possíveis impactos no setor agrícola

MATERIAIS E MÉTODOS

A área deste estudo corresponde à região centro-sul do Brasil. O clima predominante é o tropical semiúmido, com duas estações bem definidas: um inverno seco e um verão quente nos estados centrais. Já nos estados localizados na parte meridional sul possui clima subtropical.

Foram utilizados os dados da banda do infravermelho termal do GOES 13 para detecção da cobertura de nuvens, fornecidos pelo ASDC DAAC (Centro de pesquisa Langley) da NASA (LaRC) e gerenciados pelo projeto ESDIS (Earth Science Data and Information System). As imagens no infravermelho, onda longa, termal registram em cada pixel a quantidade de radiação emitida pelos diversos alvos nesse comprimento de onda. Dessa maneira, quanto maior a temperatura do alvo maior a emissividade em onda longa.

Foram gerados mapas de nebulosidade para as médias trimestrais móveis (DJF, MAM, JJA e SON), considerando um período de 33 anos de amostras (de 1983 a 2015). A classificação utilizada para a determinação dos anos de El-Niño e La-Niña seguiu o critério do Climate Prediction Center (CPC) que utiliza valores referentes à ONI (Oceanic Niño Index). Sendo que $ONI < -0,5$ configura-se La-Niña e $ONI > 0,5$ configura-se El-Niño.

Para avaliar se a diferença entre os campos de El-Niño e La-Niña tinham significância estatística foi utilizado o Teste t-Student com nível de confiança em 90%. Valores de significância, em módulo, maiores que a unidade são confiáveis estatisticamente mostrando onde o El-Niño e a La-Niña afetam diretamente a cobertura de nuvens.

Os dados de safras foram obtidos do Calendário Agrícola 2017 fornecido pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Focou-se nas áreas com alto potencial de produção e suas épocas mais suscetíveis para colheita e plantio, a fim de obter a possibilidade de um melhor rendimento das safras para os produtos de maior interesse na produção nacional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que a variabilidade das condições climáticas, afeta o rendimento da produção agrícola, foi feita uma relação dos principais produtos cultivados nas regiões Centro-Sul do Brasil. De acordo com a Conab, as culturas de milho (1ª safra) e soja são algumas das mais significativas em relação à quantidade total colhida por kg/ha para produção nacional. Em grande parte dos estados, admite-se a semeadura destes cultivos em épocas mais chuvosas e quentes como a primavera e verão. As culturas de inverno, como cevada, trigo e aveia, são espécies resistentes ao frio e bem adaptadas nos estados da região sul (Fontaneli, 2012). O Quadro 1 exibe os meses favoráveis para o plantio de cada cultivo mencionado de acordo com o calendário agrícola brasileiro.

Quadro 1: Calendário de plantio e colheita de alguns cultivos nos estados do centro-sul do Brasil conforme o Conab.

Cultivares	Região	Período do plantio
Milho 1ª Safra	Centro-Oeste	Setembro a Dezembro
Milho 1ª Safra	Sul	Julho a Dezembro
Soja	Centro-Oeste	Setembro a Dezembro
Soja	Sul	Setembro a Dezembro
Trigo	Centro-Oeste	Abril a Junho
Trigo	Sul	Abril a Junho
Aveia	Centro-Oeste	Março a Abril
Aveia	Sul	Abril a Julho
Cevada	Sul	Maió a Julho

As imagens da família do satélite GOES processadas para os canais do infravermelho são observadas na Figura 1. As anomalias de temperatura representadas tendendo ao azul (vermelho) apresentam valores negativos (positivos). Ou seja, quanto mais negativo (positivo) maior é o aumento (diminuição) da cobertura de nuvens na diferença El-Niño-La-Niña. As regiões internas às linhas contínuas pretas mostram que nestas o teste T-Student mostrou que esta diferença é significativa estatisticamente.

A diferença do El-Niño e La-Niña entre os meses de Dezembro a Fevereiro (Figura 1a) são negativas no centro-norte do Brasil, ou seja, diminuição da cobertura de nuvens, com significância estatística somente na região Norte, na parte observável da figura. Já no Estado do Rio Grande do Sul ocorre o inverso, onde há aumento da nebulosidade, como já observado em outros estudos (Berlato e Fontana, 2001) relacionando principalmente a alta pluviosidade em períodos de El-Niño e menores índices de pluviosidade em La-Niña.

Durante o Outono (Março a Maio) foi constatada alta nebulosidade na Região Sul do país, sendo esta significativa (Figura 1b). Nesse caso, pode-se dizer que a alta cobertura de nuvens pode estar relacionada a quantidade de chuvas na região, pois assim como em estudo levantado por Cavalcanti (1996) entre os anos de 1992 e 1993, os meses com maiores desvios positivos de precipitação na Região Sul ocorreram em Abril e Maio. Segundo o mesmo autor, em todos os casos de intensa precipitação foi observado: “um sistema frontal sobre o Sul, algumas vezes interagindo com um vórtice ciclônico nos altos níveis da troposfera, ou com um jato subtropical”. Ressaltando que o excesso de chuvas ocasionados pelo El-Niño, pode prejudicar as culturas de Inverno (encharcamento do solo e favorecimento de doenças devido à alta umidade) já que iniciam o plantio nessa estação do ano.

Nota-se que a banda de nebulosidade sobre a Região Centro-Oeste do Brasil apresentou maior significância de nebulosidade nos meses de Inverno (Figura 1c). Entretanto, o aumento da cobertura de nuvens não implica necessariamente em aumento da pluviosidade, pois os meses de inverno são os mais secos da região (Marcuzzo et al., 2012), mas pode afetar o rendimento se houver expressiva diminuição de luminosidade durante o período reprodutivo de alguns cultivos (Varejão-Silva, 2001). Na Região Sul não foi observado alta significância pelo método estatístico aplicado.

Durante os meses de Primavera (Setembro a Novembro) (Figura 1d) foram observados maiores índices de cobertura de nuvens, com significância, nos estados da Região Sul e no Estado do Mato Grosso do Sul. A alta intensidade pluviométrica nesse período pode gerar impactos negativos em culturas como a soja e milho

durante a semeadura, emergência e também na fase do enchimento de grãos, eventualmente ocasionando prejuízos no estabelecimento da cultura no estado do Mato Grosso do Sul. Em estudos relacionados ao Sul, sabe-se que essas anomalias provocam significativas alterações nos totais mensais e sazonais de precipitação pluvial (Berlato e Fontana, 2001) que pode interferir diretamente na produção de culturas de verão da região.

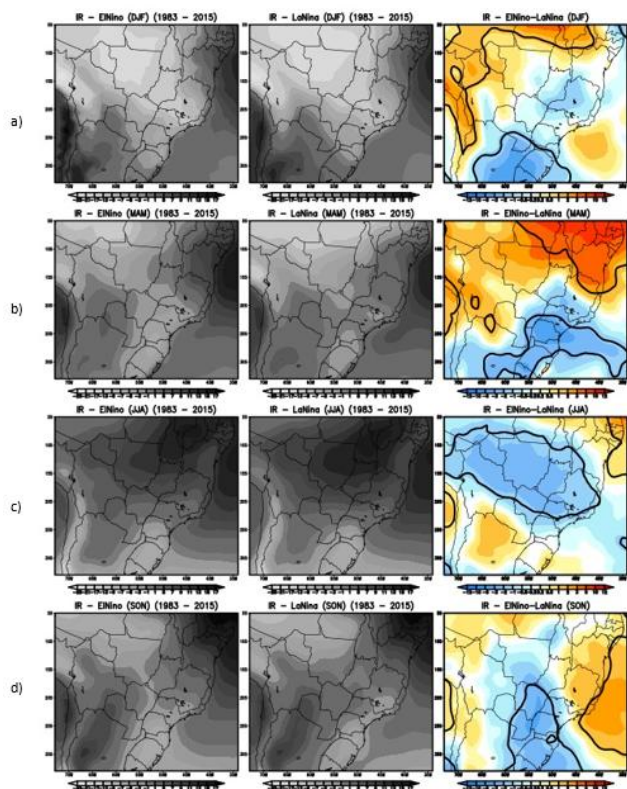


Figura 1: Climatologia de cobertura de nuvens para a região centro-sul do Brasil. (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA e (d) SON. El-Niño (coluna esquerda), La-Niña (coluna central) e diferença com significância (linha preta) (coluna direita).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A análise considerou apenas a cobertura de nuvens demonstrando que os eventos El-Niño e La-Niña interferem nesta variável significativamente, em especial nos meses de Inverno do Centro-Oeste, no Outono da Região Nordeste e na Primavera da Região Sul. Nesta última, há também associação com alta pluviosidade em anos de El-Niño provocados pelo aumento da frequência de sistemas transientes de origem extratropical. O aumento da pluviosidade na primavera pode impactar positivamente as culturas de verão, como o milho (1ª safra) e a soja, pela boa disponibilidade hídrica, se atentando em relação ao plantio com o solo extremamente úmido.

A alta nebulosidade na Região Centro-Oeste é significativa estatisticamente no Inverno e mostra que há um aumento da cobertura de nuvens nos anos de El-Niño. Mas não necessariamente isto implica em aumento de chuva, já que parâmetro não foi analisado no presente estudo.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Instituição Fatec Jacareí pelo incentivo. Assim como ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais /CPTEC pelo fornecimento da estrutura computacional.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Impacts of El Niño and La Niña on agricultural production in southern Brazil and the use of climate forecasts in agriculture. In: CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; BERLATO, M.A. (Ed.) Applications of climate forecasting for better decisionmaking processes in agriculture. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. p.217-241.

CAVALCANTI, I. F. A. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos. São José dos Campos, São Paulo, INPE/CPTEC, ano 3, n 1, 2006. p.52-64. 1996.

FONTANELI, R. S. et al. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. 2. ed. - Brasília, DF: Embrapa, 2012. 544 p.

MARCUZZO F. F. N; CARDOSO M. R. D; FARIA T. G. Chuvas no cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. Rev. Ateliê Geográfico Goiânia, Goiás, v. 6, n.2, p.112-130. 2012.

SCHAAB, L. L. Impacto dos efeitos El Niño e La Niña sobre o setor agrícola brasileiro: uma análise de insumo-produto. Luana Las Schaab . Rev. FAE, Paraná, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 131 - 146, jul./dez. 2018.

SALINI, M.F. A influência do fenômeno El Niño oscilação sul - enos (La Niña e El Niño) na ocorrência de inundações do Vale do Taquari, RS. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental. Centro Universitário Univates Lajeado. 2011.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 25 p.

EFEITO DO EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO EM BOCA DO ACRE E LÁBREA, MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS

Sara Angélica Santos de Souza¹; Carlos Alexandre Santos Querino²; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino³; Paulo André da Silva Martins⁴; Paula Caroline dos Santos Silva⁵
Autor para correspondência: eng.amb.sara@gmail.com

¹Universidade Federal do Amazonas. Discente do curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ²Universidade Federal do Amazonas. Meteorologista. Doutor em Física Ambiental e professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ³Universidade Federal do Amazonas. Meteorologista, doutora em Física Ambiental e professora do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ⁴Universidade Federal do Amazonas. Discente do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.; ⁵Universidade Federal do Amazonas. Discente do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA. Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera-Atmosfera na Amazônia.

RESUMO

O Amazonas é o estado de maior extensão territorial da Amazônia Legal e apresenta as menores taxas de desmatamento. Contudo, sua porção sul tem se destacado quanto as alterações de cobertura do solo, o que influencia na estabilidade do clima local e altera a sua normalidade. No entanto, fenômenos climatológicos naturais, como o El Niño, também podem alterar a dinâmica do clima de uma região. De maneira geral, ele provoca aumento e diminuição da precipitação nas regiões Sul/Sudeste e Norte/Nordeste, respectivamente. O objetivo deste trabalho foi analisar os impactos do El Niño, nas intensidades moderada e forte, na precipitação dos municípios Boca do Acre e Lábrea, Sul do Amazonas. Os dados de precipitação (1998 a 2017), para os anos de ocorrência do El Niño, foram adquiridos pelo sensor TRMM_3B42RT acoplado ao satélite Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM). Os totais sazonais médios (período seco e chuvoso) e anuais dos anos de ocorrência do fenômeno foram comparados com as normais climatológicas de cada município, disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Boca do Acre apresentou 3 anos afetados pelo El Niño e Lábrea foram 5 anos dos 7 eventos analisados. A redução foi em média de 19% no total anual de precipitação em ambas as cidades. Ressalta-se também que o evento atua de forma mais intensa no período chuvoso do sul do Amazonas.

PALAVRAS-CHAVE: ENOS; Amazônia; Pluviometria

EL NIÑO EFFECT AT RAINFALL IN BOCA DO ACRE AND LÁBREA IN AMAZONAS MESOREGION SOUTHERN

ABSTRACT

The Amazon state is the largest in territorial extension of the Legal Amazon and has the lowest deforestation rates. However, the Amazonas southern portion has been highlighted due to the modification of the land cover, which has influence in the local climate pattern stability. Nevertheless, natural climate phenomenon, such as example The Niño, can also change the dynamic climate of certain region. Generally, El Niño increases and decreases the rainfall in the Southern / Southwestern and Northeastern / Northern regions,

respectively. The main aim of this paper was to analyze the El Niño impact, in the moderated and strong intensities, in the rainfall at Boca do Acre and Lábrea city, Southern of Amazonas. The rainfall data, to the years of El Niño occurrence, were collected by the TRMM_3B42RT coupled in the Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) satellite. The annual and seasonal averaged totals (dry and wet period) have been compared to the climate data of each city and available on the National Weather Institute (INMET) website. Boca do Acre have shown 3 years affected by the El Niño in while Lábrea have presented reduction in the rainfall in 5 years from the 7 events analyzed. The total reduction was 19% of the annual amount of rainfall in both cities. We highlight that each event has more intensity during the wet period in the Southern of Amazonas.

KEY-WORDS: ENOS; Amazonia; Rainfall

INTRODUÇÃO

A Amazônia legal, abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, parte do Maranhão e cinco municípios de Goiás. O estado do Amazonas situa-se na região equatorial do Brasil e possui extensão territorial de aproximadamente 1.559.146,876 km² (IBGE, 2018). Por ser uma região de constante crescimento e desenvolvimento, este estado, e principalmente sua porção sul, tende a sofrer alterações climáticas com o passar do tempo. A substituição de áreas de florestas por pastagem e área urbana alteram significativamente a variabilidade espaço-temporal de algumas variáveis (PAVÃO et al, 2016).

Dentre os estados da Amazônia Legal, o Amazonas apresenta uma das menores taxas de desmatamento, dos quais, os maiores índices, ocorrem nos estados de Maranhão (40,06%) e Rondônia (38,31%) (INPE, 2018). Contudo, a porção sul do Amazonas se destaca quanto às alterações da cobertura do solo, que ocorre por diversos fatores tais como a conversão de floresta em pastagem e o corte aliado a queima de floresta para cultivo (PAVÃO et al., 2015). Neste contexto, o sul do Amazonas é uma região importante e estratégica para impedir o avanço deste desmatamento na Amazônia (TAVARES & CORDEIRO, 2017).

Esse desenvolvimento pode influenciar na estabilidade do clima, seja local ou regional, alterando o padrão das variáveis meteorológicas, principalmente a temperatura e a precipitação (SOUZA et al., 2018). Nos últimos anos as regiões oeste e sul do estado do Amazonas têm passado por mudanças do uso e ocupação da terra principalmente por atividades de garimpeiros, grilagem de terras públicas, projetos de colonização, obras de infraestrutura, agricultura extensiva, pecuária e madeireiros (MARGULIS, 2003).

Contudo, não são apenas ações antrópicas as responsáveis pelas mudanças no clima. Fenômenos naturais podem também influenciar na dinâmica do clima como, por exemplo, o ENOS, influenciando principalmente a normalidade da precipitação na região. Esta variável, por sua vez, é considerada a mais importante para entender o comportamento do clima da Amazônia. De Souza et al. (2016) afirmam que na distribuição da precipitação sobre a América do Sul, a Amazônia destaca-se como a região que apresenta tanto a maior área espacial como a maior intensidade (em média entre 4 e 10 mm/dia) do volume pluviométrico sobre o continente.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, constituído de dois componentes: o oceânico, denominado El Niño (EN), e o atmosférico, a Oscilação Sul (OS). Ele é caracterizado pela alteração anômala da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico equatorial central e leste, tendo a fase positiva ou águas mais quentes que as normais (El Niño) e a negativa (La Niña), sendo a fase fria (ANDREOLI & KAYANO, 2007; MOLION, 2017).

O fenômeno tem duração de 6 a 18 meses cada fase, de um total de 3 a 4 anos para um ciclo completo (MOLION & LUCIO, 2013). O Índice Oceânico Niño (ION) identifica as anomalias da superfície do oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses. Quando o ION for maior que + 0,5 °C por no mínimo

três meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño (MARCUIZZO & ROMERO, 2013; SOUZA et al, 2018).

A nível global, o ENOS exerce influência principalmente na temperatura. Em estudo, Spencer (2016) e Molion (2017) verificaram que no El Niño de 1997/98 a temperatura global registrou um desvio positivo de + 0.74°C em abril de 1998 e, no de 2015/16, a temperatura global de fevereiro de 2016 atingiu a marca de + 0,83°C acima da média.

Entre as consequências do El Niño no clima do Brasil, destaca-se o aumento da precipitação nas regiões Sul e Sudeste e sobretudo a diminuição no Norte e Nordeste, provocando grandes secas, como ocorreu em 1982/83 e 1997/98, anos de El Niño forte (OLIVEIRA et al., 2015; MOLION et al., 2006). O contrário ocorre em anos de La Niña. Por sua vez, a escassez de chuva provoca perturbações nas atividades cotidianas, como prejuízos à agricultura, queimadas, abastecimento humano e geração de energia elétrica por hidrelétricas (LIMBERGER & SILVA, 2016; RAMOS et al., 2015).

Em estudo, Serrão et al (2015) observaram que nos anos de 2005 e 2010 a precipitação pluviométrica na bacia rio Solimões foi reduzida devido a atividades de El Niño na região. Os autores também afirmam que nos últimos anos, a Amazônia vem sofrendo com eventos extremos cada vez mais intensos e em um curto prazo entre cada evento, que afetam cada vez mais a relação homem-natureza.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar os impactos do El Niño, categorias forte e moderada, na precipitação dos municípios de Boca do Acre e Lábrea, mesorregião sul do Amazonas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho abrange dois municípios pertencentes a mesorregião sul do Amazonas: Boca do Acre (08° 45' 08" S, 67° 23' 52" W, 116m) e Lábrea (07° 15' 31" S, 64° 47' 53" W, 75m) (Figura 1). Os municípios desta mesorregião estão estrategicamente ligados sob dois aspectos: a produção madeireira, em razão do grande potencial da região e da existência de Unidades de Conservação de Uso Sustentável e a produção pecuária, principalmente aquela de grande porte que ocorre na região da BR-230 – Transamazônica.

O clima do sul do Amazonas é do tipo Am, tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). A região apresenta elevado índice pluviométrico anual, que pode ultrapassar 1750 mm, possuindo dois períodos bem definidos: um chuvoso prolongado (outubro a abril) e um seco (junho a agosto) de pequena duração, sendo os outros meses períodos de transição (maio e setembro) (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018). A distribuição desse clima ocorre devido à combinação de vários fatores, no qual o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia (PAVÃO et al., 2016; 2017).

Em relação aos totais pluviométricos, Lábrea atinge 2141,7 mm no período chuvoso e 263,7 mm no período seco, totalizando 2405,4 mm anuais de acordo com a normal climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia -INMET (INMET, 2010). Todavia, o portal do INMET não disponibiliza a normal climatológica do município de Boca do Acre, de modo que para este foi calculada a normal climatológica provisória.

Figura 1. Localização geográfica dos municípios Boca do acre e Lábrea, no sul do Amazonas, Brasil.

Boca do Acre

Boca do Acre faz divisa com o estado do Acre em sua extremidade sul, com Lábrea a leste e Pauini ao norte e oeste (PIONTEKOWSKI et al., 2011). O município possui população de aproximadamente 33.976 habitantes e um território de 21.938,592 km², onde 21,50% é destinado para Unidades de Conservação (UCs) estaduais e federais e 9,72% são Terras Indígenas (IBGE, 2018).

A região destaca-se por possuir o maior rebanho bovino do sul do estado do Amazonas, o que define o uso predominante da terra na região para a pecuária (TAVARES & CORDEIRO, 2017). Possui também alto potencial madeireiro e não madeireiro, beneficiando-se de espécies nativas, como açaí e óleos vegetais, além da própria madeira e do manejo de cacau. Assim, o município ganha destaque em relação ao desflorestamento no sul do Amazonas, possuindo o maior índice estimado até o ano de 2017 (INPE, 2018).

Lábrea

O município de Lábrea localiza-se às margens do Rio Purus, a 610 km da capital Manaus, e faz divisa com os municípios de Boca do Acre, Pauini, Canutama e Tapauá e os estados de Rondônia e Acre (SILVA, 2017). Possui população estimada em 45.245 habitantes e área territorial de 33.111,164 km², sendo que 53,99% são destinados a UCs estaduais e federais, 22,93% são terras indígenas e 2,47% são assentamentos (IBGE, 2018).

O município conta com pequenas indústrias, serviços e mercados para sustentar a economia voltada para produção extrativista, com especial destaque para a coleta e beneficiamento de castanha, óleos, borracha, madeira e agricultura familiar. A produção pecuária ocorre em especial ao longo da BR 230 e na parte sul do município, mantendo as principais relações comerciais com o município de Boca do Acre e estado de Rondônia (TAVARES & CORDEIRO, 2017). Ainda de acordo com os autores, dos municípios que fazem parte do Arco do desmatamento, Lábrea, em 2016, foi o município com o maior índice de desmatamento, cerca de 380.714,51 hectares do seu território.

Dados

Foram utilizados dados de precipitação obtidos pelo sensor TRMM_3B42RT do satélite Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) e disponibilizados no site da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>). Eles foram tratados e analisados através de totais pluviométricos sazonais (período seco e chuvoso) e anuais. Para efeito de referência, os totais médios anuais foram comparados com as normais climatológicas (valores médios mínimos de trinta anos de dados) da precipitação de cada município, disponibilizadas pelo INMET (INMET, 2010). Os dados de El Niño, apenas nos anos de intensidade forte (anomalia acima de 1,5 °C) e moderada (anomalia entre 1,0 e 1,4 °C), foram adquiridos no site do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA - National Weather Service) (www.nws.noaa.gov) (Tabela 1).

Tabela 1. Anos de ocorrência do fenômeno El Niño nas intensidades moderada e forte.

Fenômeno	Intensidade	Anos
El Niño	Moderado	2002-2003, 2009-2010
	Forte	1998, 2015-2016

Processamento dos dados

O termo Normal Climatológica Provisória é empregado quando o número de anos para os quais se dispõe de médias mensais, para a apuração da média climatológica, é menor que 30 e igual ou maior que 10 (INMET, 2009). Para tanto, utilizou-se dezoito anos de dados do satélite TRMM, no período de 1998 a 2017. Assim, a normal obtida foi de 2111,8 mm anuais, com 1922,6 mm no período chuvoso e 189,2 mm no período seco.

Intervalos de confiança foram estimados seguindo a equação $IC_{95\%} = \mu \pm e_o$, sendo μ a média calculada, e_o a margem de erro dada por $e_o = Z \cdot \sigma/n$, em que Z é o valor da distribuição normal padrão para 95% de confiança ($Z = 1,96$), σ o desvio padrão calculado e n o número de informações. Os $IC_{95\%}$ foram plotados em gráficos e comparados com o valor da normal climatológica considerando os respectivos períodos sazonais (chuvoso e seco) por ano e por cidade estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Boca do Acre apresentou nos anos 1998, 2015 e 2016 uma redução na precipitação respectivamente de 40,7%, 1,2% e 17,6%, quando comparou-se com a normal climatológica (Tabela 2). O ano de 1998 apresentou a menor precipitação dos anos estudados, com uma diferença da normal de aproximadamente 860 mm. Esses resultados são justificados pela ocorrência do El Niño forte ocorrido no período de 1997/98, que gerou secas severas no Norte do país durante esses anos. Em 1998, a redução na precipitação ocorreu devido ao evento forte que teve início em 1997 e perdurou até o fim do primeiro semestre de 1998, com as maiores anomalias sucedidas nos 3 primeiros meses do ano (período chuvoso). Souza et al. (2015) observou que os maiores regimes de precipitação ocorrem no ano posterior ao início do evento, o que justifica os resultados alcançados.

Em estudo, Diniz (1998) mostraram resultados parecidos no centro e leste do Amazonas e no estado de Mato Grosso, mostrando que este fenômeno afetou diretamente as regiões com climas tropical e equatorial. De semelhante modo, Barbosa & Fearnside (1999) abordaram incêndios florestais ocorridos na Amazônia neste evento específico e afirmaram que este maximiza os efeitos das queimadas devido à ausência de precipitação, o que resulta na dificuldade de controlar os incêndios.

No município de Lábrea, um total de cinco anos (1998, 2009, 2010, 2015 e 2016) dos sete estudados apresentou diminuição da precipitação em relação a normal, de 13,3%, 12,7%, 21%, 23,1% e 25,1% respectivamente (Tabela 3). A maior anomalia ocorreu em 2016, com aproximadamente 600 mm de precipitação a menos que o esperado. Ressaltasse-se também o biênio de 2015/16, que apresentou uma redução média da precipitação de 24,1% neste município.

O El Niño de 2015/16 foi o evento de intensidade forte mais recente. De acordo com Grimm (2015), o esperado para este período era uma intensidade forte, porém não tão intenso quanto o que ocorreu em 1997/98. Este El Niño teve início no verão austral de 2015 e se estendeu até o outono de 2016, de modo que os índices mais elevados foram registrados entre outubro de 2015 e fevereiro de 2016, período que coincide com a estação chuvosa na Amazônia (PEREIRA et al., 2017). Em geral, os eventos de El Niño tendem a impactar muito mais na estação chuvosa da região Amazônica do que na estação seca (MOURA et al., 2019).

O período de 2009/10 também demonstrou uma relevante decaída na precipitação neste município, numa média de 405,5 mm no período. Alves et al. (2013) afirma que este El Niño gerou acúmulo de precipitação abaixo da média, afetando principalmente a estação chuvosa e tendo duração até o fim do período seco, de modo que provocou redução de precipitação em 3 milhões de quilômetros quadrados da floresta Amazônica.

Todavia, ambos os municípios apresentaram anos em que a precipitação aumentou. Em Boca do Acre, os anos de 2002, 2003, 2009 e 2010 tiveram um aumento na precipitação de 14,1%, 2,6%, 10,1% e 24,2%, respectivamente, e em Lábrea o aumento foi de 7,5% e 4,9% nos anos de 2002 e 2003. Diferença semelhante também foi obtida num estudo realizado no município de Humaitá - AM, onde Souza et al. (2018) observou que apenas 71% dos casos de El Niño forte refletem em anomalias negativas da precipitação no sul do Amazonas.

Além das secas que foram associadas a intensos eventos de El Niño, como os de 1982/83 e 1997/98, outras ocorridas em 1964 e 1980 não estiveram associadas a este fenômeno (MARENGO et al., 2007). Isto indica que apenas 40% da variabilidade da precipitação na Bacia Amazônica ocorre devido as anomalias de TSM no Pacífico Tropical. O autor ainda destaca o efeito de outras fontes, como o gradiente meridional SST no inter Atlântico tropical (que afeta principalmente a região norte e central da Amazônia), ou processos de

superfície terrestre e grande frequência de transientes do Atlântico Sul (afetando o sul da Amazônia), para justificar a variabilidade interanual da precipitação na região (MARENGO et al., 2007).

No sul do Amazonas é comum a incursão de frentes frias entre os meses de maio e setembro (ARTAXO et al., 2014). Assim, alguns impactos do El Niño não são sentidos devido a condição climática própria da região. Em estudo realizado em Porto Velho – RO, Bezerra et al. (2010) ressaltou que dos desvios de precipitação pluviométrica abaixo da faixa de variabilidade, apenas 11,9% ocorreram em anos de El Niño, onde o ano de 1998 apresentou um desvio negativo de 468 mm comparado a precipitação normal do município.

Ressalta-se também o efeito mais significativo do evento no período chuvoso dos municípios estudados. Em Lábrea, no período chuvoso, a redução da precipitação foi em média 303,8 mm cada ano em que o evento foi mais severo, enquanto que no período seco a redução foi de 113,4 mm por ano. Em Boca do Acre, a redução foi numa média de 286,1 mm no período chuvoso de cada ano e apenas 38,58 mm no período seco. Ao analisar as cheias e secas no Amazonas, Sales et al. (2010) afirmou que de 100% das cheias que ocorrem nos rios Negro e Solimões, apenas 30% acontecem em anos com atividades de El Niño.

Tabela 2. Total pluviométrico anual, sazonal e diferença em relação a normal climatológica para Boca do Acre, Amazonas.

Anos	Período chuvoso (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da normal (mm)
1998	1145,6	107,3	1252,9	-858,9
2002	2233,5	177,0	2410,5	298,7
2003	1890,6	275,4	2166,0	54,2
2009	2071,3	254,2	2325,5	213,7
2010	2352,6	269,5	2622,2	510,4
2015	1910,1	176,9	2087,0	-24,8
2016	1599,7	141,2	1740,9	-370,9

Tabela 3. Total pluviométrico anual, sazonal e diferença em relação a normal climatológica para Lábrea, Amazonas.

Anos	Período chuvoso (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da normal (mm)
1998	1969,1	117,2	2086,3	-319,1
2002	2288,4	298,6	2587,0	181,6
2003	2231,1	293,2	2524,3	118,9
2009	2099,9	203,1	2099,9	-305,5
2010	1767,4	132,6	1900,0	-505,4
2015	1738,8	111,7	1850,5	-554,9
2016	1614,3	186,8	1801,1	-604,3

Análises estatísticas

A Figura 2 apresenta, por anos, os intervalos de confiança (95%) da precipitação (mm) nos municípios Lábrea (Figura 2B) e Boca do Acre (Figura 2A), em comparação às médias das normais climatológicas para os períodos chuvoso e seco. Lábrea apresentou mais alterações significativas em relação à normal climatológica que Boca do Acre.

Comparando-se a quantidade de precipitação no período chuvoso e no período seco do município de Boca do Acre (Figura 2A), observa-se que no período chuvoso do ano de 1998, a precipitação ficou significativamente abaixo da linha de média estimada para aquele período, devido a ação do evento forte de 1997/98. Ressalta-se que, conforme já apresentado na tabela (2), este foi o ano mais afetado pelo evento, com o menor valor de precipitação do período estudado.

O município de Lábrea (Figura 2B) apresentou a maior quantidade de períodos sazonais fora da linha de média, nos quais, o período seco do ano de 1998, o período chuvoso de 2010, os dois períodos de 2015 e o período chuvoso do ano de 2016, apresentaram maior impacto do evento neste município.

Em estudo semelhante no estado do Mato Grosso, Sette & Tarifa (2002) verificaram que eventos fortes de El Niño, como o que ocorreu em 1998, provocam alterações em regiões como os climas tropical e equatorial, e que a principal alteração diz respeito à diminuição da precipitação, principalmente no período chuvoso, o que justifica a maioria das anomalias do período estudado terem ocorrido neste período.

Figura 2. Intervalos de Confiança (95%) da precipitação (mm) nos períodos sazonais para os municípios Boca do Acre (A) e Lábrea (B).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O fenômeno El Niño, com magnitude moderada e forte, influenciou mais a precipitação do município de Lábrea do que a do município de Boca do Acre. Destaca-se que os principais efeitos do fenômeno foram observados no período chuvoso para ambos os municípios, e que esses efeitos são mais evidenciados em fenômenos de intensidade forte.

Sugere-se que estudos explanando os demais municípios do sul do Amazonas sejam realizados, visando uma abrangência maior dos efeitos do fenômeno.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao programa de PIBIC da Universidade Federal do Amazonas, pela concessão de bolsa da primeira autora projeto PIB-E/0078/2018 - UFAM. Ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, pela disponibilidade dos dados. Os autores também são gratos a CAPES pela manutenção do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, L. M.; MARENGO, J.A.; CAVALCANTI, I.F.A. Históricos de Seca na Amazônia. In: BORMA, L.; NOBRE, C. A. Nobre. **Secas na Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 50 – 53.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711 – 728, 2014.

- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n. 1, p. 63-74, 2007.
- ARTAXO, P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NAGY, L.; LUIZAO, F. J.; CUNHA, H. B., QUESADA, C. A. N., MARENGO, J., KRUSHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, p. 41-46, 2014.
- BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento El Niño (1997/98). **Revista Acta Amazônica**, v. 29, p. 513-534, 1999.
- BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T., TRINDADE, A. G. Caracterização Temporal da Precipitação Pluvial do Município de Porto Velho/RO no Período de 1945 a 2003. **Sociedade & natureza** (UFU. Online), v. 22, p. 609-623, 2010.
- DE SOUZA, E. B.; CARMO, A. M. C.; MORAES, B. C.; NACIF, A.; FERREIRA, D. B. S.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA, P. J. O. P.; LOPES, M. N. G.; ROCHA, E. J. P. Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo regcm4. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 2237-8642, 2016.
- DINIZ, F. D. A. El Niño e sua influência no período de inverno de 1997 em algumas regiões do Brasil. **Bulletin de l'Institut français d'études andines**, v. 27, p. 771-778, 1998.
- GRIMM, A. M. EL NIÑO, NOVAMENTE! **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 351 - 357, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatística Populacional – Estimativa 2017**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html> >. Acesso em: 25 de outubro de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. p.465. Brasília, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010**. Brasília, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica por satélite**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 25 out, 2018.
- LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Revista Geosp – Espaço e Tempo**, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.
- MARCUZZO, F.F.N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n. 4, p. 429 - 440, 2013.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, I. F. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, p. 495-516, 2007.
- MARGULIS, S. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira. Banco Mundial: 1ª Ed. P. 100. Brasília, 2003.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21. p. 2237-8642 (Eletrônica), 2017.

MOLION, L. C. B.; LUCIO, P. S. A Note on Pacific Decadal Oscillation, El Niño Southern Oscillation, Atlantic Multidecadal Oscillation and the Intertropical Front in Sahel, Africa. **Atmospheric and Climate Science**, v. 03, p. 269-274, 2013.

MOLION, L. C. B.; IMBUZEIRO, H. M. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Chuvas intensas no Leste da Amazônia: Fevereiro de 1980. **Climanálise**, v.3, p. 1-9, 2006.

MOURA, M. M.; SANTOS, A. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, S. F.; PIMENTEL, S. M.; ANDRADE, M. S. S.; SILVA, F. G. R.; BRANCO, E. R. F.; MOREIRA, T. R.; SILVA, R. G.; CARVALHO, J. R. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1639–1651, 2019.

OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no Número de Dias de Precipitação Pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 34, p. 284-297, 2015.

PAVÃO, L.L., QUERINO, C. A. S., BIUDES, M. S.; PAVAO, V.M.; QUERINO, J. K. A. S., MACHADO, N. G.; MACHADO, N. G.; BENEDITTI, C. A.; PEIXOTO, K. L. G. Distribuição espaço-temporal da temperatura da superfície urbana do município de Humaitá – Sul do Amazonas. **Revista Ra' e Ga**, v. 42, p. 210-224, 2017.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVAO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Temperatura e albedo da superfície por imagens Tm Landsat 5 em diferentes usos do solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 169, 2015.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVÃO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variação espacial e temporal do saldo de radiação superficial em uma área do Sul do Amazonas, Brasil. **Revista Ra' e Ga**, v. 37, p. 333-352, 2016.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K.A.S.QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá – Am. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 463-475, 2018.

PEREIRA, H. R.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 293-310, 2017.

PIONTEKOWSKI, V. J.; SOUZA S.; PINHEIRO T.; COSTA, F. C.; MENDOZA E. O avanço do desflorestamento no município de Boca do Acre, Amazonas: estudo de caso ao longo da BR-317. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Curitiba, 2011.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; SEABRA JUNIOR, S.; QUEIROZ, T. M. Precipitação pluvial de Diamantino – MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 71-80, 2015.

SALES, N. D.; REBELLO, E. R.; SILVA, J. F. As Maiores cheias e secas no Amazonas e as influências dos Fenômenos El Niño, La Niña, ODP e OMA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Belém, 2010.

SERRÃO, E. A. D. O.; SANTOS, C. A. D.; WANZELER, R. T. S.; GONÇALVES, L. D. J. M.; LIMA, A. M. M. D. Avaliação da seca de 2005 e 2010 na Amazônia: análise da bacia hidrográfica do rio Solimões. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 9, p. 5–20, 2015.

SPENCER, R.W. Global Warming. Disponível em: <<http://www.drroyspencer.com/latest-global-temperatures/>>. Acesso em: 23/08/2018.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. A influência do El Niño 97/98 no clima do Mato Grosso. **Geosp (USP)**, v. 11, p. 22-43, 2002.

SILVA, F. A. **Análise Temporal da Variação Vegetal pela ação do Fogo no Município de Lábrea - Estado do Amazonas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amazonas. Itacoatiara, p. 72, 2017.

SOUZA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I. SOUZA, J. O. P.; BOTELHO, M. N. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 13-24, 2015.

SOUZA, S. A. S.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; SANTOS, L. O. F. Impactos do El Niño na precipitação em Humaitá - AM. In: Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 5, 2018, Manaus. **Anais do Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2018.

ANÁLISE DE ÍNDICES CLIMÁTICOS DE TEMPERATURA DO AR EM TRÊS CIDADES DO MATO GROSSO

Wisnel Joseph¹; Adilson Pacheco de Souza¹; Marlus Sabino¹
Autor para correspondência: wisneljoseph91@gmail.com

¹Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO

Este trabalho objetivou verificar se há ocorrência de tendências em índices de detecção de mudanças climáticas das temperaturas máximas e mínimas, em três estações meteorológicas convencionais (Cáceres, Matupá e Nova Xavantina), distribuídas nos três biomas (Pantanal, Amazônia e Cerrado) do estado de Mato grosso. As variabilidades temporais dos índices climáticos foram avaliadas software RClindex, em períodos superiores a 30 anos de dados. Foram observadas tendências lineares positivas (significativas a $p < 0,10$) dos índices vinculados as temperaturas máximas diárias e amplitude térmica. **PALAVRAS-CHAVE:** mudanças climáticas, RClindex, anomalias de temperatura do ar.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas; RClindex,; Anomalias de temperatura do ar

ANALYSIS OF AIR TEMPERATURE CLIMATIC INDEXES IN THREE CITIES OF MATO GROSSO

ABSTRACT

The objective of this paper was to verify if there are trends in the detection of climatic changes of maximum and minimum temperatures in three conventional meteorological stations (Caceres, Matupá and Nova Xavantina), distributed in the three biomes (Pantanal, Amazon and Cerrado) of the state of Mato Grosso. The temporal variabilities of the climatic indexes were evaluated software RClindex, in periods superior to 30 years of data. Positive linear trends (significant at $p < 0.10$) of the indices linked to daily maximum temperature and thermal amplitude were observed.

KEY-WORDS: climate change, RClindex, air temperature anomalies

KEY-WORDS: climate change; RClindex; Air temperature anomalies

INTRODUÇÃO

De maneira simplista, começam a ser observadas relações entre eventos climáticos extremos e mudanças climáticas, com aumento da intensidade e da frequência de suas ocorrências (JACOBI & GIATI, 2017), inclusive no Brasil. Especificamente para extremos de temperatura, têm-se que dias frios, noites frias e geadas têm se tornado menos frequentes, em contrapartida ao aumento do número de ocorrência de dias quentes, noites quentes e ondas de calor (MARENGO et al., 2009).

As mudanças climáticas podem ser entendidas como um fenômeno mundial, que por sua vez, vêm sendo mais fortemente percebidas nas últimas décadas e, mesmo com algumas das causas associadas aos processos

internos naturais, destaca-se que a ação antropogênica pode colaborar na intensificação deste processo (FARIA et al., 2016). Dentre os fenômenos naturais periódicos, destacam-se o ENOS e suas fases/intensidades, que geram parte do desequilíbrio climático global ou em mesoescala, a partir do aquecimento e do resfriamento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical.

Em função da necessidade de se conhecer o atual cenário de eventos climáticos anormais para subsidiar propostas e políticas que minimizem os impactos desses eventos nos setores sócio-econômicos e ambientais, especialmente na Amazônia brasileira, este projeto estabelece como objetivo analisar a ocorrência de extremos climáticos no bioma Amazônia (nos diferentes estados), por meio da evolução de índices numéricos convencionais de análise temporal definidos pela Organização Meteorológica Mundial (ZHANG & YANG, 2004) e relações com eventos de anomalias TSM (Temperatura Superficial do Mar) de diferentes fases e intensidades.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi verificar se há ocorrência de alterações nas tendências de índices de detecção de mudanças climáticas derivadas das temperaturas máximas e mínimas em três estações meteorológicas convencionais, distribuídas no biomas mato-grossenses

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com as bases de dados das séries diárias de temperaturas máximas e mínimas, com períodos mínimos de 30 anos, de três estações meteorológicas convencionais (EMC's) instaladas no estado de Mato Grosso, pertencentes a rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizadas no BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa).

Tabela 1: Informações das EMC's avaliadas no estado de Mato Grosso.

Nome da estação	Biomas	Período de dados	Latitude	Longitude	Altitude
Cáceres	Pantanal	1961-2018	-16,05°	-57,68°	118 m
Matupá	Amazônia	1987-2018	-10,25°	-54,92°	285 m
Nova Xavantina	Cerrado	1987-2018	-14,70°	-52,35°	325 m

Segundo Souza et al. (2013), as três regiões avaliadas apresentam clima Tropical de Savana (Aw), com estações bem definidas: seca (outono/inverno) e chuvosa (primavera/verão). A região de Cáceres (Pantanal) apresenta temperaturas média anual de 24,86 °C e médias mensais variando de 21,56 (julho) a 27,09 °C (novembro), e com precipitação e evapotranspiração de referência anuais em torno de 1200 e 1610 mm, respectivamente. Por sua vez, a região de Nova Xavantina (Cerrado) apresenta temperaturas média anual de 24,31 °C e médias mensais variando de 20,21 (junho) a 26,28 °C (setembro), e com precipitação e evapotranspiração de referência anuais em torno de 1335 e 1290 mm, respectivamente. Já a região de Matupá (Amazônia) apresenta temperaturas média anual de 24,59 °C e médias mensais variando de 22,74 (julho) a 25,72 °C (outubro), e com precipitação e evapotranspiração de referência anuais em torno de 1815 e 1310 mm, respectivamente (SOUZA et al., 2013). Nesse contexto, observa-se que em termos normais, não ocorrem diferenças significativas nas temperaturas do ar, mesmo considerando diferentes biomas, sendo mais expressivas as diferenças no balanço hídrico regional.

Na análise dos índices de detecção de alterações climáticas recomendados pelo CCI/CCLIVAR (International Research Programme on Climate Variability and Predictability) foi empregado o software RCLIMDEX 1.9.0, de distribuição gratuita e disponibilizado para download no website da ETCCDMI (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>). Na Tabela 2 são apresentados os índices térmicos básicos recomendados pelo CCICLIVAR, para identificar o comportamento no processo de mudança climática.

De acordo com ARAÚJO et al. (2014), o controle de qualidade para dados de temperatura do RClimdex é desenvolvido da seguinte forma: substitui-se todos os dados faltosos (atualmente codificados como -99.9) em um formato interno que reconhecido no software R, bem como todos os valores que não são representativos por -99.9, incluindo nesse caso, aqueles com temperatura máxima menor que a temperatura mínima diária.

Na análise de tendência o software empregado o método de mínimos quadrados. Nesse caso, serão consideradas apenas tendência linear (positiva ou negativa) superior, erro padrão de estimativa significativo a $p < 0,1$, obtido pelo teste t student, gerado pelo próprio software.

Tabela 1: Índices climáticos dependentes das temperaturas máximas e mínimas com suas definições e unidades.

Sigla	Nome do índices	Descrição	Unidade
SU25	Dias de verão	Número de dias em um ano em que a TX (temperatura máxima diária) $> 25^{\circ}\text{C}$	Dias
TR20	Noites Tropicais	Número de dias em um ano em que a TN (Temperatura mínima diária) $> 20^{\circ}\text{C}$	Dias
TNn	Mínimo de temperatura mínima	Valor mensal mínima da temperatura mínima diária (TN)	$^{\circ}\text{C}$
TNx	Máximo de temperatura máxima	Valor mensal máximo da temperatura mínima diária (TN)	$^{\circ}\text{C}$
TXn	Mínimo de temperatura máxima	Valor mensal mínima da temperatura máxima diária (TX)	$^{\circ}\text{C}$
TXx	Máximo de Temperatura máxima	Valor mensal máximo da temperatura máxima diária (TX)	$^{\circ}\text{C}$
DTR	Amplitude diária da Temperatura	Diferença média mensal entre Temperatura máxima e mínima	$^{\circ}\text{C}$
GSL	Comprimento das estações do ano	Número de dias entre a primeira ocorrência de pelo menos 6 dias consecutivos com $TG_{ij} > 5^{\circ}\text{C}$ e a primeira ocorrência após 1 ^o Julho (1 ^o janeiro em SH) de, pelo menos, 6 dias consecutivos com $TG_{ij} < 5^{\circ}\text{C}$.	$^{\circ}\text{C}$

Fonte: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o nível de significância de 10% ($p < 0,1$) observou-se que os índices SU25, TXx e TXn não foram significativos em nenhuma das estações avaliadas (Tabela 3). Esses índices estão associados a temperatura máxima diária e indicam, portanto, a inexistência de tendências para suas variações ao longo do período estudado em cada EMC.

Observou-se que em Cáceres e Matupá ocorreu uma tendência positiva para temperatura máxima média mensal, com crescimento ao longo dos anos, de forma mais acentuada em Matupá, que apresentou um aumento médio mensal na temperatura máxima de $0,0404^{\circ}\text{C}$ por ano entre 1987-2018, perfazendo em um aumento de $1,25^{\circ}\text{C}$ em 31 anos (Figura 1A).

O índice TNx representa o valor máximo mensal da temperatura mínima diária e também foi significativo para as EMC's de Cáceres e Matupá, com tendência positivas. Nesse caso, houve um aumento na temperatura máxima de 0.017 °C por ano (entre 1961-2014) equivalendo a 0.9 °C em Cáceres e de 0.066 °C por ano (entre 1987-2018), equivalente a 2.05 °C para Matupá (Figura 1B). Considerando a amplitude térmica diária (Figura 1C), nas EMC's Matupá e Nova Xavantina apresentaram tendência negativa e positiva, respectivamente.

Tabela 3: Análise de significância ($p < 0,10$) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar, em três estações meteorológicas convencionais em Mato Grosso.

Sigla	Cáceres	Matupá	Nova Xavantina
TMAX	0.057*	0.001*	0
TMIN	0.61	0	0.01*
SU25	0.767	0.899	0.794
TR20	0.952	0	0.039*
TXx	0.478	0.242	0
TXn	0.96	0.446	0.574
TNx	0.08*	0.008*	0.633
TNn	0.03	0.557	0.013*
DTR	0.812	0.028*	0.087*

1.A) TMAX (Cáceres e Matupá)

B) TNx (Cáceres e Matupá)

DTR (Matupá e Nova Xavantina)

D) TMIN (Nova Xavantina)

2.C)

Figura 1: Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em três estações meteorológicas convencionais no estado de Mato Grosso.

O aumento dos índices de temperatura, especialmente em estações próximas de áreas urbanas podem ser explicadas pela redução das áreas vegetadas, uma vez que, a presença de florestas estão ligadas a menores emissões de radiação de ondas longas e aumento da disponibilidade de água no ambiente, permitindo, dessa maneira, que a maior parcela do saldo de radiação seja usada nos fluxos de calor latente ao invés do fluxo de calor sensível, responsável pelo aquecimento do ar.

Contudo, alterações a tendência da amplitude térmica observada em Matupá pode ser decorrente do aumento da temperatura mínima diária ao longo dos anos, visto que TNx também foi crescente. Esse comportamento pode estar associado a urbanização nas proximidades da EMC ou na alteração significativa do uso/ocupação do solo na região. Todavia ressalta-se que esses resultados fazem parte de uma análise parcial visto que não é possível atribuir as diferenças entre as tendências de temperatura exclusivamente ao uso e ocupação do solo e a expansão das áreas urbanas (SILVA et al., 2017).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Ocorreram alterações no comportamento de índices climáticos de temperatura do ar nos biomas mato-grossenses, nos últimos 30 anos, principalmente, com aumento de temperaturas máximas diárias. As tendências indicaram um aumento significativo nas temperaturas médias ao longo dos anos estudados que podem estar associadas a causas naturais da circulação atmosférica e/ou antropogênicas

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado cedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARAÚJO, F. R. da. C. D.; SANTOS, C. A. C. dos; NASCIMENTO, F. das. CH. A. do; Estudo dos índices extremos de temperatura na bacia hidrográfica do baixo rio colorado, Eua. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 1, 29 - 36, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620120530>

FARIA, J. A. de; ANDRADE, J. C. S.; GOMES, S. M. da S. Fatores determinantes da evidência das mudanças climáticas nas empresas e brasileiras participantes do carbon disclosure project (cdp). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 162-184, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v7i1.696>

IPCC PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2007.

JACOBI, P. R.; GIATI, L. Eventos extremos, urgências e mudanças climáticas. **Ambiente e Sociedade**, v. 20, n. 3, p. 1-7, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoceditorialv2032017>

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, DOI: 10.1002 / joc.1893, 2009.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia, noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo, 2007. 206p.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v.1, n.1, p.34-43, 2013. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>

ZHANG, X.; YANG, F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment Canada. Ontario: Downsview; 2004. 22 p.

VARIAÇÃO CLIMÁTICA NA CIDADE DE BARRA DO GARÇAS-MT.

Romário Rosa de Sousa¹; Alfredo Arantes Guimarães Silveira²; Igor Antônio Silva³; Gleidson Caetano da Silva⁴

Autor para correspondência: romarioufg@yahoo.com.br

¹Universidade Federal de Uberlândia; ²Universidade Federal de Uberlândia; ³Universidade Federal de Uberlândia; ⁴Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

Este trabalho possibilitará o entendimento sobre o registro e a variação das temperaturas, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação na cidade de Barra do Garças-MT. O desenvolvimento pautou-se nas seguintes etapas: 1ª etapa – instalação do mini abrigo de madeira; 2ª montagem da estação meteorológica experimental no local de observação climática; 3ª etapa – fixação no pluviômetro de PVC do tipo artesanal; 4ª etapa – capacitação dos observadores; 5ª etapa – coleta de dados diários na estação meteorológica experimental nos horários de 9:00 e 15:00 horas; 6ª etapa – coleta de Carta de previsão do tempo(A) CNMA-BRASIL / REDEMET e de imagens da América do Sul, gratuitas proveniente do INPE/CPTEC/DAS - NOAA/GOES no infravermelho(B), colorido(C) e temperatura realçada (D) a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) de 10/11/2017. A pressão atmosférica registrada as 9 horas da manhã no ponto de observação de dados foram analisadas em 940hpa; 977,2hpa; 972,5hpa; 974,3hpa; 978,4 hpa; 972hpa; 979hpa; 965,9hpa e 972,8hpa. Para as 15 horas, a pressão atmosférica foi confirmada com 966,5hpa; 950hpa; 974,8hpa; 954,1hpa; 969,6hpa; 970,9hpa; 971hpa; 974hpa; 968hpa; 970hpa; 976,3hpa e 968,1hpa. As temperaturas do ar, as 9 horas da manhã foi registrada com 26°C; 21,8°C; 29,5 °C; 25,8°C; 20,4°C; 28,1°C; 25,5°C; 19,1°C; 28,6°C e 25,9°C. No período vespertino, ou seja, as 15 horas as temperaturas foram registradas em 33,2°C; 30,2°C; 37,2°C; 29,4°C; 34,5°C; 37,3°C; 31,2°C; 32,4°C; 30,6°C; 36,2°C; 29,4°C e 31°C. Na seqüência da análise climática observou-se que a umidade relativa do ar às 9 horas da manhã foi registrada em 83,1%; 81,2%; 61,5%; 72,5%; 88,3%; 84,7%; 51,5%; 77,5%; 89%; 63,1%; 44,7%; 78,7% e 89,3%. A umidade relativa do ar, as 15 horas foi quantificada em 58%; 43,3%; 24,7%; 41,1%; 54,4%; 74,3%; 63,4%; 42%; 25,6%; 40,4%; 63,1%; 51,3%; 24,8%; 38,4%; 73,4% e 67,2%. Outro detalhe que nos chamou atenção foi a pluviometria no ano de 2017, onde registrou-se 1.383,4mm de precipitação, do qual o mês de novembro se destacou com 325,4mm de precipitação, e de uma maneira especial no dia 11/11/2017 foi registrado 127,2mm de precipitação, e identificado como o responsável por tal anomalia a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e um acúmulo pluviométrico a partir das 07 horas e 00 minutos, até 00 horas:20 minutos. Sobre os registros fazendo uso utilização da estação meteorológica experimental de baixo custo e do pluviômetro do tipo artesanal, mais uma vez estes instrumentos de coleta de dados meteorológicos comprovaram ser de extrema eficiência e credibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: registro; variação; oscilações

VARIATION CLIMATIC IN THE CITY OF BARRA DO GARÇAS-MT.

ABSTRACT

This work will enable the understanding of the registration and variation of temperatures, relative humidity, atmospheric pressure and precipitation in the city of Barra do Garças-MT. The whole development was based on the following steps: 1st stage : Installation of the mini wooden shelter; 2nd stage: Assembly of the experimental weather station at the climate observation site; 3rd stage: Fixation on handcrafted PVC rain gauge; 4th stage: The instruction of observers; 5th stage: Daily data collection at the experimental weather station at 9:00 am and 3:00 pm; 6th stage: Collection of CNMA-BRAZIL / REDEMET weather forecast chart (A) and free South American images from INPE / CPTEC / DAS - NOAA / GOES in infrared (B),

color (C) and temperature (D) the performance of the South Atlantic Convergence Zone (ZCAS) of 10/11/2017. The atmospheric pressure recorded at 9:00 am at the data observation point was analyzed at 940hpa; 977.2hpa; 972.5hpa; 974.3hpa; 978.4 hpa; 972hpa; 979hpa; 965.9hpa and 972.8hpa. For the 15 hours, the atmospheric pressure was confirmed with 966.5hpa; 950hpa; 974.8hpa; 954.1hpa; 969.6hpa; 970.9hpa; 971hpa; 974hpa; 968hpa; 970hpa; 976.3hpa and 968.1hpa. Air temperatures at 9 am was recorded at 26°C; 21.8 ° C; 29.5 ° C; 25.8 ° C; 20.4 ° C; 28.1 ° C; 25.5 ° C; 19.1 ° C; 28.6°C and 25.9°C. In the afternoon, at 03:00 PM, temperatures were recorded at 33.2°C; 30.2 ° C; 37.2 ° C; 29.4 ° C; 34.5 ° C; 37.3 ° C; 31.2 ° C; 32.4 ° C; 30.6 ° C; 36.2 ° C; 29.4°C and 31°C. Following the climate analysis it was observed that the relative humidity at 9 o'clock in the morning was recorded at 83.1%; 81.2%; 61.5%; 72.5%; 88.3%; 84.7%; 51.5%; 77.5%; 89%; 63.1%; 44.7%; 78.7% and 89.3%. Relative humidity at 03:00 PM was quantified at 58%; 43.3%; 24.7%; 41.1%; 54.4%; 74.3%; 63.4%; 42%; 25.6%; 40.4%; 63.1%; 51.3%; 24.8%; 38.4%; 73.4% and 67.2%. Another detail that caught our attention was the rainfall in 2017, which recorded 1,383.4mm of precipitation, with the month of November standing out with 325.4mm of precipitation; especially on 11/11/2017 was recorded 127.2mm of precipitation. The cause identified for such anomaly was the South Atlantic Convergence Zone (ZCAS) and a rainfall accumulation of 07 hours and 00 minutes, until 00 hours:20 minutes. About the records making use of the low cost experimental weather station and the handcrafted rain gauge, once again these meteorological data collection instruments were proved to be extremely efficient and credible

KEY-WORDS: Record; Variation; Oscillations.

INTRODUÇÃO

A remoção da cobertura vegetal, a canalização das superfícies líquidas acompanhado da escassez de áreas verdes, propicia a alteração do fluxo de calor latente e aumento do calor sensível, o que diminui a umidade e a evaporação. As novas rugosidades (edifícios) formam verdadeiros *canyons* urbanos, resultando em menores perdas de radiação de ondas longas, e contribuem também para o agravamento do aparecimento de áreas mais e menos aquecidas. Brandão (1996), afirma que a ilha de calor representa a ação mais efetiva do clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e mesoclimáticas locais de cada cidade. Além do desconforto térmico, a péssima qualidade do ar e as chuvas concentradas ocasionando as inundações, são outros agravamentos gerados pelo modo de vida urbano. O fluxo constante de veículos e a densidade industrial aumentam a concentração de poluentes na cidade, o que provoca doenças respiratórias, circulatórias e contribuem para o fortalecimento das chuvas localizadas, porque esses poluentes em suspensão na atmosfera servem de núcleo de condensação para o vapor de água. Esse fato, adicionando a (des)organização urbana, contribui para problemas de inundações, escorregamentos e desmoronamento de encostas e vários outros problemas de ordem urbana relacionado com o clima (GONÇALVES, 1992).

A exploração do sítio urbano pelas atividades socioeconômicas e o uso e ocupação do solo desordenado geram mudanças no balanço energético alterando por exemplo, o albedo devido à utilização de materiais que modificam a paisagem natural, causando alterações entre o que entra (*input*) e o que sai (*output*) de energia na superfície. Isso causa enormes consequências dentre eles o fenômeno ilha de calor nas cidades. Alguns estudiosos demonstraram as principais causas deste acontecimento como: Chandler, (1965); Oke, (1978); Lombardo, (1985); Monteiro, (1976), (1990); Mendonça, (1994); Brandão, (1996), Amorim (2000).

Ynoue et al. (2017), argumenta que as cidades apresentam características diferenciadas na dinâmica climática, e daí a necessidade de se realizar uma observação constante dos elementos e valores climáticos, onde a maior parte do conhecimento sobre a estrutura física e dinâmica da atmosfera e dos oceanos é baseada em observações locais (*in situ*). Neste sentido, entende-se que o homem enquanto um ser modificador do espaço, não levado a sério os problemas ambientais nas cidades.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho possibilitará o entendimento sobre o registro e a variação das temperaturas, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação na cidade de Barra do Garças-MT, a partir da utilização de uma estação meteorológica experimental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi definida, como área de estudo, a cidade de Barra do Garças – MT, localizada às margens do Rio Araguaia no Estado de Mato Grosso, na divisa com o Estado de Goiás (Conforme a figura 1).

Localização da área de estudo

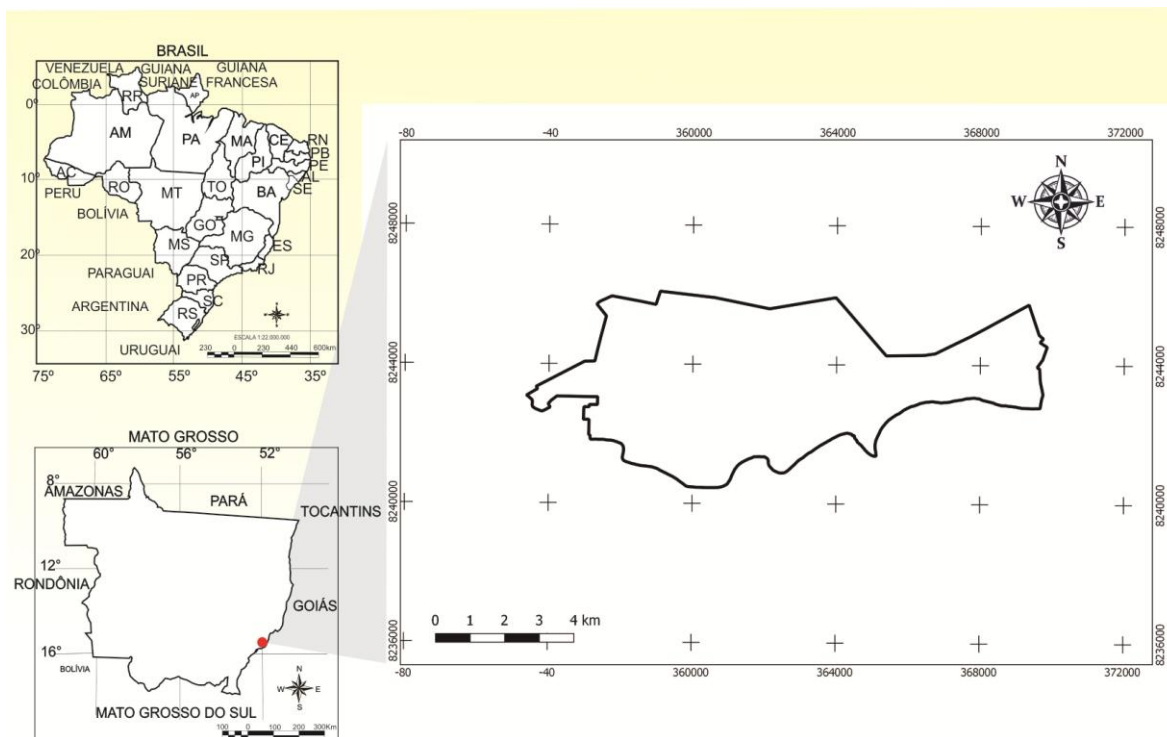


Figura 1 - Localização da área de estudo, 2018.

Elaboração: Romário Rosa de Sousa (2018).

É importante ressaltamos a Estação Meteorológica Experimental de baixo custo, apenas registra os dados e não realiza o armazenamento dos mesmos. Sendo a ideia central de professor ou pesquisador chegar a qualquer ambiente e coletar os dados de interesse e anotar em uma caderneta. Outro detalhe importante de se ressaltar é quanto ao valor do equipamento para armazenamento dos dados climáticos, sendo este denominado *datalogger*, ou seja, a memória triplicaria o custo final da Estação Meteorológica Experimental, por isso não foi utilizado como parte integrante, onde a ideia central e baixar o custo da produção. Para se ter uma confiabilidade nos dados registrados Estação Meteorológica Experimental, realizou-se a capturas dos dados de temperatura, umidade relativo do ar e pressão atmosférica na estação meteorológica da INFRAERO/GNA, localizado na cidade de Barra do Garças-MT.

O registro dos dados diários de temperaturas, umidade relativa do ar, precipitação e pressão atmosférica foram realizados na estação meteorológica experimental de baixo custo, no recorte temporal de 30 abril de 2015 a 28 de fevereiro 2018, instalada na Escola Estadual Irmã Diva Pimentel na cidade de Barra do Garças-MT. O desenvolvimento dos trabalhos pautou-se nas seguintes etapas: 1ª etapa – instalação do mini abrigo

de madeira; 2ª montagem da estação meteorológica experimental no local de observação climática; 3ª etapa – fixação no pluviômetro de PVC do tipo artesanal; 4ª etapa – capacitação dos observadores; 5ª etapa – coleta de dados diários na estação meteorológica experimental; 6ª etapa – coleta de imagens da América do Sul e cartas meteorológicas, gratuitas proveniente do INPE/CPTEC/DSA - NOAA/GOES no infravermelho, colorido realçada com data de passagem de 10/11/2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aquisição dos dados de temperatura (°C), Umidade Relativa do Ar (UR %), e a pressão atmosférica (hPa), realizou-se a comparação dos dados para se verificar a confiabilidade dos dados proveniente da estação meteorológica experimental (Tabela 1).

Tabela 1 – comparação dos dados da Estação Meteorológica Experimental de baixo custo.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA EXPERIMENTAL				ESTAÇÃO METEOROLÓGICA INFRAERO/GNA			
Horário	Temperatura °C	UR %	Pressão Atmosférica hPa	Horário	Temperatura °C	UR %	Pressão Atmosférica hPa
09:00	28,5	60,5	975,4	09:00	25,1	73,0	976,4
10:00	26,8	65,7	975,1	10:00	26,5	68,0	976,1
11:00	29,1	58,4	974,3	11:00	28,4	61,0	975,8
12:00	30,2	55,0	973,8	12:00	30,2	51,0	975,0
13:00	31,5	50,0	972,8	13:00	31,4	49,0	974,1
14:00	33,2	40,9	971,5	14:00	33,0	39,0	972,6
15:00	33,9	40,2	969,9	15:00	33,4	41,0	971,0
16:00	34,1	37,9	969,0	16:00	33,6	40,0	970,0
17:00	33,6	40,5	968,7	17:00	33,0	42,0	970,0
18:00	31,8	43,6	968,5	18:00	31,5	44,0	969,6
19:00	29,9	47,5	969,2	19:00	29,6	46,0	970,5

Fonte: Estação Meteorológica Experimental de baixo custo, 2018.

Organizador: Romário Rosa de Sousa (2018).

Conforme descrito na metodologia, após a montagem da estação meteorológica experimental, procedeu-se a calibragem, constituindo-se da coleta de dados desta estação, com os equipamentos meteorológicos oficiais no interior de um abrigo meteorológico no recinto da INFRAERO/GNA, localizado na cidade de Barra do Garças-MT sob as coordenadas planas UTM, Longitude 361073 a 365662 e de Latitude 8246472 a 8250151 e altitude de 370 metros. Na (Figura 2), a estação em calibragem com dados verificados e coletados simultaneamente a coleta oficial a cada cinquenta minutos.



Figura 2: Barra do Graças (MT) - Estação Meteorológica Experimental em calibragem, 2018.

Fonte: Romário Rosa de Sousa (2018).

Diante dos dados analisados constatou-se que, exatamente às 12h00min, a temperatura registrada pelo sensor da Estação Meteorológica Experimental e pelo sensor da Estação Meteorológica INFRAERO/GNA foram idênticos de 30,2°C, sendo este fator importante, demonstrando assim a confiabilidade dos dados da Estação Meteorológica Experimental de baixo custo.

Ao longo do dia também se destacaram os dados de Umidade Relativa do AR (UR %), com valores bem próximos provenientes da Estação Meteorológica Experimental, tendo, às 18h00min, anotado 43,6% no sensor desta, e na Estação Meteorológica INFRAERO/GNA o sensor quantificou 44%, evidenciando-se uma diferença de apenas 0,4%, entre os sensores.

Quanto ao sensor de pressão atmosférica da Estação Meteorológica Experimental, ainda no que diz respeito conforme a Tabela 1, anotou-se às 16:00 horas 969,0 (hPa), enquanto isso na Estação Meteorológica INFRAERO/GNA o sensor quantificou-se 970,0 (hPa), demonstrando-se uma diferença 1,0 (hPa) entre os sensores.

Conforme a Tabela 1, já demonstrada anteriormente os demais dados provenientes da Estação Meteorológica Experimental, em outros horários do mesmo dia, os valores ficaram bem próximos uns dos outros, demonstrando-se pequenas diferenças nas quantificações, com os dados oficiais da Estação Meteorológica INFRAERO/GNA.

O microclima envolve as condições ambientais próximas à superfície da terra onde há as condições particulares de coberturas do solo. A variação climática diária é algo passível de ser observada; assim, as cidades, por serem centros populacionais, apresentam um rápido crescimento horizontal e vertical, ocasionando cada vez mais mudanças climáticas perceptíveis ao homem, uma vez que o clima é uma inter-relação complexa entre todos os elementos e fatores do clima (MONTEIRO, 1971).

Após toda a coleta e organização dos dados da Estação Meteorológica Experimental de baixo custo e da Estação Meteorológica INFRAERO/GNA, sendo esta a oficial, procedeu-se a calibração e aferição dos instrumentos, de acordo com Fonseca et al (1995) descrevendo a seguinte função aplicada.

R^2 = Soma de quadrados da regressão

Soma de quadrados totais

O coeficiente de determinação indica quantos por cento a variação explicada pela regressão representa da variação total. No em $R^2= 1$, todos os pontos se situam “exatamente” sobre a reta de regressão. Diremos então que o ajuste é perfeito. As variações de Y são 100% explicadas pelas variações de X através da função especificada não havendo desvios em torno da função estimada.

Por outro lado, se $R^2=0$, concluímos que as variações de Y são exclusivamente aleatórias, e a introdução da variável X no modelo não incorporará informação alguma sobre as variações de Y.

A correlação entre os dados da Estação Meteorológica Experimental com $R^2= 0,8888$ e da Estação Meteorológica INFRAERO/GNA foi equacionada com a seguinte função: $y=0,9806x$, (Figura 3). Verificou-se que a dispersão está próxima do modelo (de reta), sendo à margem de erro do sensor de temperatura de apenas 0,0918% e mais de 98% para menos, da temperatura registrada na Estação Meteorológica INFRAERO/GNA padrão é também registrada pela Estação Meteorológica Experimental de baixo custo, então $R^2= 0,8888$, em média de coeficiente angular.

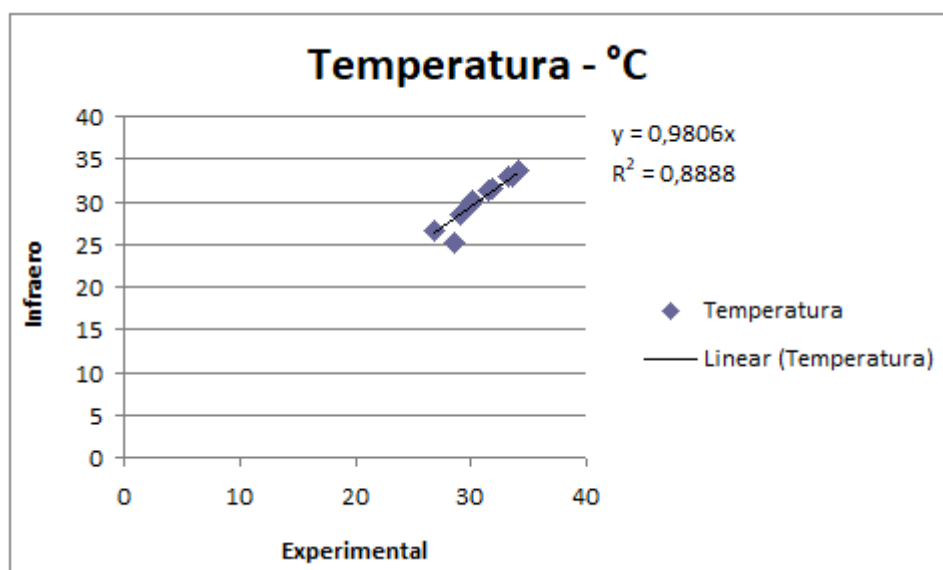


Figura 3: Correlação da temperatura - °C, 2018.

Organizador: Romário Rosa de Sousa (2018).

Segundo o valor do coeficiente angular da reta de regressão linear estimada, a temperatura medida na Estação Meteorológica INFRAERO/GNA é cerca de 0,98 vezes daquela medida Estação Meteorológica Experimental, em média.

A umidade relativa do ar foi equacionada com a seguinte função: $y=1,0303x$, da Estação Meteorológica INFRAERO/GNA, e com $R^2= 0,8754$ sendo da Estação Meteorológica Experimental de baixo custo, em média (Figura 4), pela qual se notou que a dispersão está próxima do modelo de reta, sendo que a margem de erro do sensor de temperatura é de apenas 0,1549% e mais de 98% para menos, então $R^2= 0,8754$ da umidade relativa do ar registrada, em média.

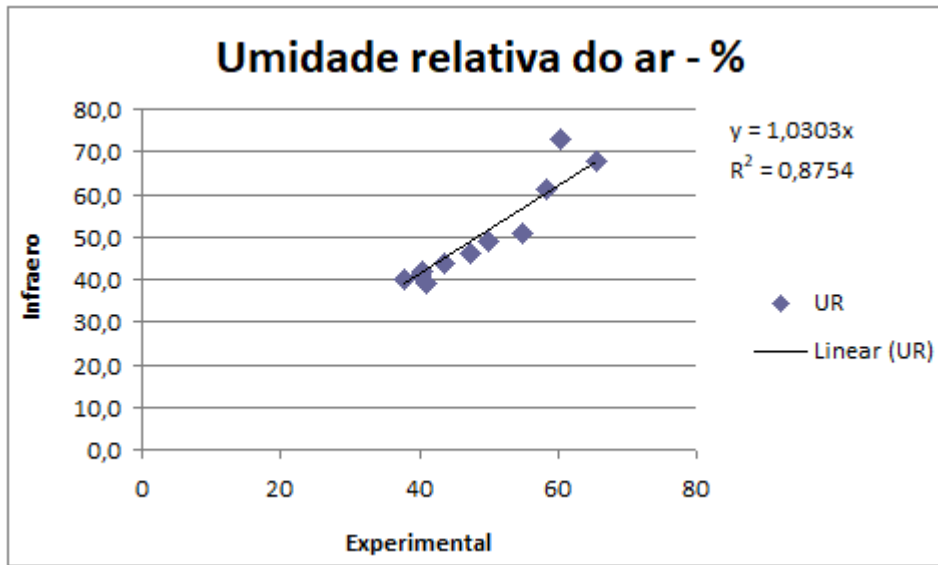


Figura 4: Correlação da Umidade relativa do ar - %, 2018.

Organizador: Romário Rosa de Sousa (2018).

A umidade relativa do ar, medida na Estação Meteorológica INFRAERO/GNA é cerca de 1,03 vezes da verificada na Estação Meteorológica Experimental de baixo custo, em média.

A pressão atmosférica foi equacionada da Estação Meteorológica INFRAERO/GNA com a seguinte função: $y=1,0012x$, e da Estação Meteorológica Experimental, em média, com $R^2= 0,9968$ (Figura 5), pela qual se verificou que a dispersão está próxima do modelo de reta, sendo que a margem de erro do sensor de pressão atmosférica é de apenas 0,0044% e mais de 99% para menos, então $R^2= 0,9968$ da pressão atmosférica registrada Estação Meteorológica INFRAERO/GNA padrão é também a registrada pela Estação Meteorológica Experimental, em média.

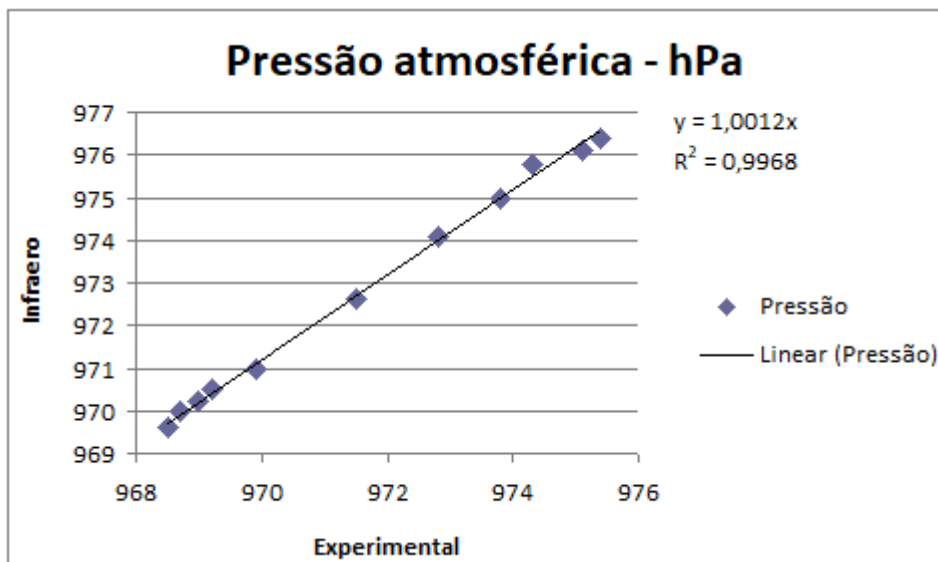


Figura 5: Correlação da pressão atmosférica - hPa, 2018.

Organizador: Romário Rosa de Sousa (2018).

A pressão atmosférica medida na Estação Meteorológica INFRAERO/GNA é cerca de 1,002 vezes daquela medida na Estação Meteorológica Experimental de baixo custo, sendo este o melhor ajuste de $R^2=0,9968$, em média.

Com relação à precipitação este elemento climático coletado por um pluviômetro de PVC tipo artesanal, foi montado para a coleta dos dados diários, do qual o mesmo foi fixado nas proximidades da estação meteorológica experimental, os dados hidroclimáticos foram coletados com uma proveta graduada de 250 ml, convertida para 15mm (Figura 9), convertida obedecendo a seguinte fórmula:

(1)

Onde H é a lâmina de chuva (mm); V é o volume de chuva coletado (cm^3 ou ml) e S é a área de captação da boca do pluviômetro (cm^2). Teoricamente, este procedimento possui uma precisão similar ao obtido com o pluviômetro padrão “Ville de Paris”, que possui uma área de captação de 400 cm^2 .

Vale ressaltar que a comparação existente do pluviômetro de PVC possui uma área de captação de (78cm^2) e o padrão abrangendo (400cm^2), este encontrado nas estações meteorológicas do INMET (Figura 6). As observações foram realizadas nos dois pluviômetros ao mesmo tempo, seguindo os horários determinados da estação meteorológica 10°DISME/INMET - (Organização Mundial de Meteorologia-OMM).

Após toda a coleta e organização dos dados pluviômetro, no período de janeiro de 2016 a Março de 2016, procedeu-se calibração e aferição dos instrumentos. A correlação entre os dados do pluviômetro padrão e os dados do pluviômetro de PCV, foram equacionados com a seguinte função: $y=0,9812x$, com $R^2= 0,9898$. Na figura 7 notam-se a dispersão estão próximos do modelo de (reta), sendo de a margem de erro do pluviômetro de PCV e de apenas 0,2% e mais de 98% para menos, então 0,9898 da precipitação registrada pelo pluviômetro padrão é também registrado pelo pluviômetro de PCV.



Figura 6 Processo de aferição e calibração do pluviômetro de baixo custo, 2018.

Fonte: Romário Rosa de Sousa (2018).

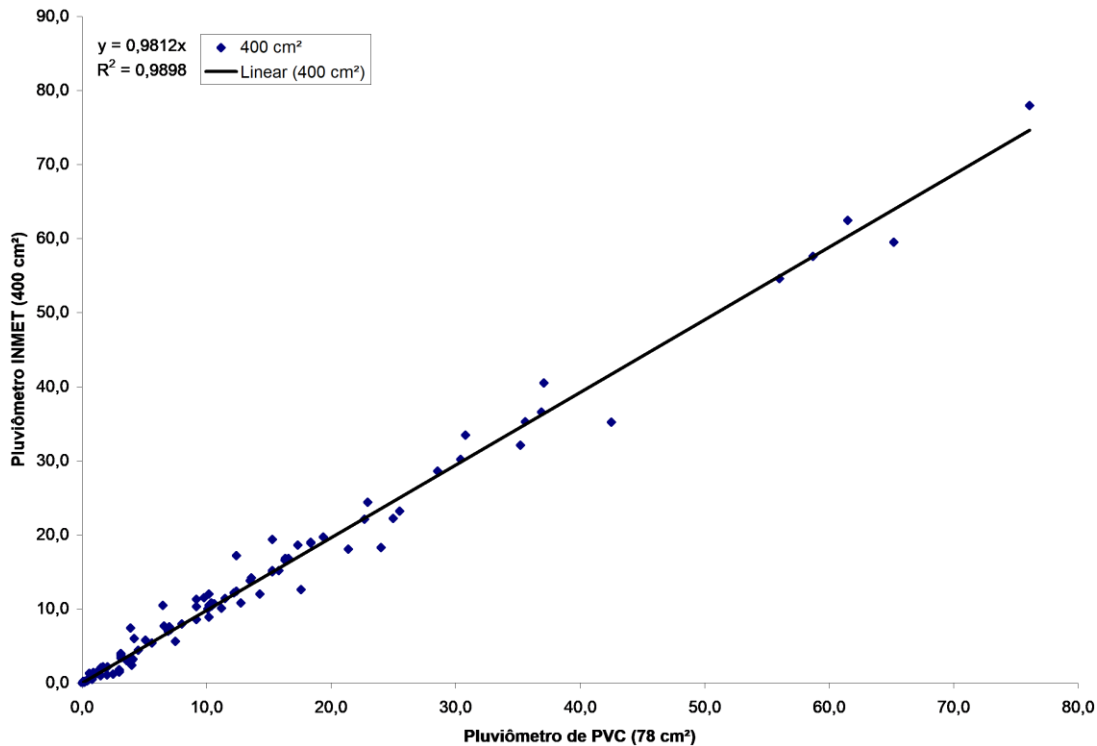


Figura 7 – Comparação do pluviômetro de padrão e do pluviômetro de PVC, 2018.

Organizador: Romário Rosa de Sousa, 2018.

Posteriormente a todo o processo de coleta de dados climáticos diários no ponto de observação, organizou-se um banco de dados, a partir de 30 abril de 2015 a 28 de fevereiro 2018, onde verificou-se o comportamento das temperaturas, umidade relativa do ar, precipitação e pressão atmosférica.

Averiguando o registro e variação das temperaturas, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação na cidade de Barra do Garças-MT. A pressão atmosférica registradas as 9 horas da manhã no ponto de observação de dados foram analisadas em 940hpa; 977,2hpa; 972,5hpa; 974,3hpa; 978,4 hpa; 972hpa; 979hpa; 965,9hpa e 972,8hpa. Para as 15 horas, a pressão atmosférica foram confirmadas com 966,5hpa; 950hpa; 974,8hpa; 954,1hpa; 969,6hpa; 970,9hpa; 971hpa; 974hpa; 968hpa; 970hpa; 976,3hpa e 968,1hpa.

As temperaturas do ar, as 9 horas da manhã foram registrada com 26°C; 21,8°C; 29,5 °C; 25,8°C; 20,4°C; 28,1°C; 25,5°C; 19,1°C; 28,6°C e 25,9°C. No período vespertino, ou seja, as 15 horas as temperaturas foram registradas em 33,2°C; 30,2°C; 37,2°C; 29,4°C; 34,5°C; 37,3°C; 31,2°C; 32,4°C; 30,6°C; 36,2°C; 29,4°C e 31°C.

Na seqüência da análise climática observou-se que a umidade relativa do ar às 9 horas da manhã foi registrada em 83,1%; 81,2%; 61,5%; 72,5%; 88,3%; 84,7%; 51,5%; 77,5%; 89%; 63,1%; 44,7%; 78,7% e 89,3%. A umidade relativa do ar, as 15 horas foram quantificada em 58%; 43,3%; 24,7%; 41,1%; 54,4%; 74,3%; 63,4%; 42%; 25,6%; 40,4%; 63,1%; 51,3%; 24,8%; 38,4%; 73,4% e 67,2%.

As temperaturas, umidade relativa do ar e a pressão atmosférica se comportaram de maneira variável, os valores de temperatura sempre foram mais amenas, a partir de 25°C as 9:00horas, já no período da tarde, ou seja, às 15:00 horas, as temperaturas se comportaram com valores acima de 34°C e oscilando ao longo da análise. A umidade relativa do ar, também se manifestou de forma interessante, onde apresentou uma maior umidade pelas manhãs com valores iniciais de 80% e variado ao longo dos meses, em contrapartida no período da tarde iniciou em 60% oscilou muito e atingido até próximo de 20% no período seco do ano. A pressão atmosférica apresentou-se mais alta pela manhã com valor inicial de 974hPa e mais baixa no período da tarde com valor de 966hPa.

O comportamento das temperaturas da Região Centro-Oeste é mais elevada, na primavera-Verão, sendo esta a época mais quente, assinala média de 26°C a 28°C, nos meses de setembro ou outubro e as máximas podem variar de 32°C a 36°C, podendo atingir as máximas a uma média de 40°C a 42°C na porção nordeste de Mato Grosso. (NIMER, 1989). Enquanto no Verão o calor é quase uma constante, no inverno, devido à continentalidade da Região Centro-Oeste e da consequência seca do ar, são comuns dias muito frios, sobretudo em junho e julho com médias inferiores a 20°C, onde nestes meses, entretanto, costumam ocorrer, também, temperaturas relativamente elevadas, quando as massas frias de origem polar ficam ausentes por muitos dias. Por essa razão, as médias mensais dos invernos são relativamente altas, escamoteando a ocorrência de dias muito frios nessa época.

Constataram-se que as precipitações foram registradas de forma variável. Os acumulados mensais para o ano de 2015 iniciaram-se em 142mm no mês de abril; 105,5mm - maio; 0,0mm - junho; 32,1mm - julho; 0,2mm - agosto; 26,1mm - setembro; 86mm - outubro; 261,1mm - novembro e 205,4 - dezembro, totalizando 868,5mm. No ano de 2016, os valores os registros foram: 421,4mm - janeiro; 200mm - fevereiro; 126mm - março; 5,9 - abril; 0,0mm - maio; 0,0mm - junho; 0,0mm - julho; 13,2mm - agosto; 27,4mm - setembro; 95,6mm - outubro; 238,5mm - novembro e 206,4mm - dezembro, totalizando 1.334,7mm.

A pluviometria quantificada no ano de 2017, também se manifestou de forma variável, onde os registros iniciaram com 190,7mm - janeiro; 269,4mm - fevereiro; 158,3mm - março; 47,1mm - abril; 28,0mm - maio; 0,0mm - junho; 0,0 - julho; 0,0 - agosto; 46,5mm - setembro; 99,7mm - outubro; 325,4mm - novembro e 218,3mm - dezembro, totalizando 1.383,4mm. Com referência ao ano de 2018 as precipitações foram anotada com 223,9mm - janeiro e 166,8mm - fevereiro, totalizando 390,7mm. A longo da análise realizada identificou-se que os maiores acúmulos pluviométrico aconteceram em janeiro de 2016, com 421,4mm, posteriormente em novembro de 2017 com 325,4mm, novembro de 2015 com 261,1mm e 223,9mm em janeiro de 2018. Em contrapartida o mês de junho referente aos anos de 2015, 2016, 2017 os registros foram 0,0mm de precipitação.

A pluviometria nos chamou a atenção no ano de 2017 onde registraram-se 1.383,4mm de precipitação, do qual o mês de novembro se destacou com 325,4mm de precipitação, e de uma maneira especial no dia 11/11/2017 do qual foi registrado 127,2mm de precipitação, sendo que 9:00horas, a pressão atmosférica foi registrada com 970,8hPa, temperatura 23,2°C e a umidade relativa do ar com 97,2%. As 15:00h a pressão atmosférica comportou-se em 966,7hPa, temperatura 30°C e a umidade relativa do ar com 64,7%. Diante deste fato visualizou-se Carta de previsão do tempo(A) CNMA-BRASIL/REDMET e nas imagens INPE/CPTEC/DSA - NOAA/GOES no infravermelho(B), colorido(C) e temperatura realçada(D) a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)de 10/11/2017.(Figura 10).Na carta de previsão do tempo(A), notou-se a presença de nuvens do tipo Cumulonimbus (CB); e no topo da nuvem um grande acúmulo de precipitação com previsão de rápida, isolada e embutida localizada - OCNL e EMBD aproximadamente a 250 quilômetros da base.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), é um sistema de escala zonal que tem sua origem tanto por fatores remotos quanto locais. É um evento em que há convergência de umidade e nebulosidade, uma interação tridimensional de sistemas (Cavados Frontais, Complexos Convectivos, Fluxo de NW da Amazônia, Alta da Bolívia, Jatos) induzidos por determinadas situações, que favorecem a configuração. Forma-se principalmente durante a primavera-verão, orientado de NW/SE na América do Sul, de início, corta o Mato Grosso inteiro, pois, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul, mas apresenta um movimento SW/NE, portanto no sudoeste Mato Grosso, os episódios de ZCAS, tem uma permanência menor, pois caminha em direção nordeste. (SETTE e TARIFA 2000).

Diante da análise pluviométrica efetuada no período em questão, nos chamou a atenção de forma especial o dia 11/11/2017, onde ocorreu um grande acúmulo pluviométrico diário, mediante a isso ressalta-se na (Figura 8), a imagem de Temperatura realçada(D), observou-se os valores das temperaturas nas nuvens, onde o tom de róseo claro, no topo das nuvens e de -80°C; azul -70°C; azul claro -60°C; creme -40°C e no tom alaranjado -30°C.

Por conseguinte, de acordo com classificação climática elaborada por Sette; Tarifa (2000a), os sistemas atmosféricos que atuam no Mato Grosso são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Sistema Equatorial, Sistema Tropical Continental (STC), Sistema Tropical Atlântico (STA), Sistema Polar Atlântico (SPA). Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Segundo Nimer; Brandão (1989) a média anual da precipitação no Norte de Mato Grosso pode atingir valores superiores a 2750mm. Tais valores diminuem nas direções Leste, Oeste e Sul do Estado, sendo que na porção nordeste pode chegar a 1.250mm anual resultando numa distribuição espacial e temporal irregular, durante todo o ano, com máximos no verão e mínimos no inverno, com concentrações de 70% do total de chuvas entre novembro e março (verão) e cujos meses mais chuvosos concentram-se no intervalo de janeiro a março. Durante esse trimestre a precipitação chega a atingir de 45% a 55% do total anual das chuvas (SETTE; TARIFA, 2000).

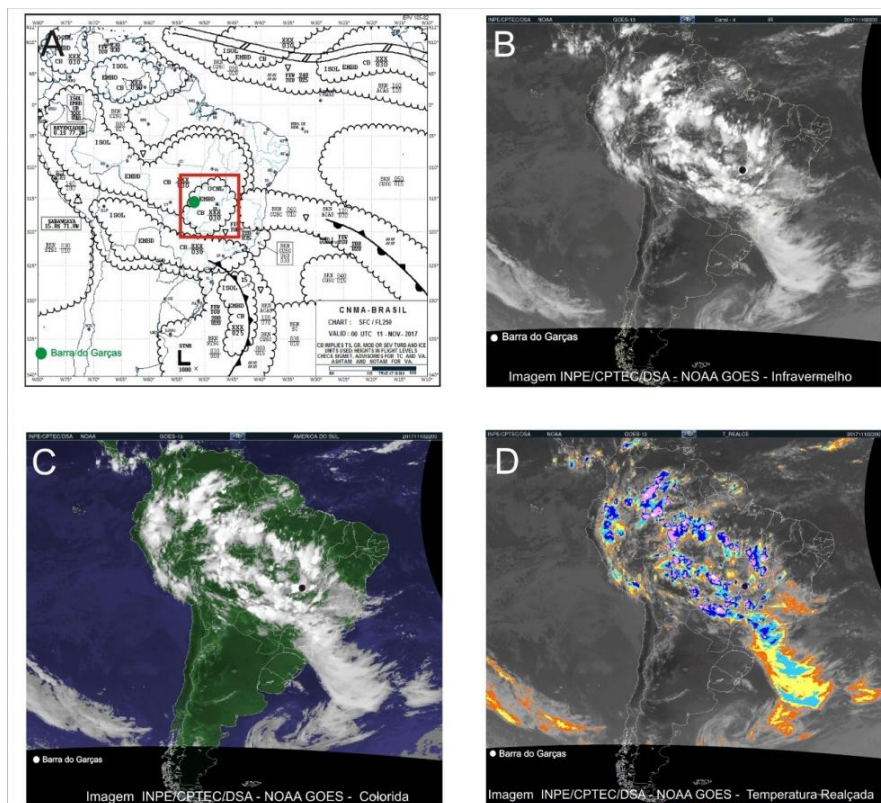


Figura 8 - imagens INPE/CPTEC/DAS – NOAA/GOES no infravermelho, colorido e temperatura realçada de 10/11/2017.

Adapatdo por Romário Rosa de Sousa, 2018.

Observando os dados diários da Estação meteorológica da INFRAERO/GNA, SBBW localizado na cidade de Barra do Garças-MT, no DECEA - Sumário Climatológico Mensal-01confirmaram que no dia 11/11/2017, um acúmulo pluviométrico de 07horas e 00:20 minutos.

De acordo com Sette e Tarifa, (2000), o Estado de Mato Grosso apresenta a sua estação seca de abril a setembro, onde atua do Subsistema Tropical Atlântico Continentalizado (TAC), com “ápice” de estabilidade e frequência em junho, julho,agosto e setembro, quando inicia o movimento contrário, a retirada progressiva desse sistema do Brasil Central, indica uma nova mudança estacional - a primavera. E a estação chuvosa de outubro a março tendo como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), atuante neste período.

No Cerrado os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março são os meses que apresentam os maiores valores de precipitação pluviométrica, com eventos chuvosos que somam praticamente todo o valor anual. A dinâmica pluviométrica pode ser variável de um lugar para o outro dependendo de fatores regionais e locais (orientação e declividade), uma vez que a precipitação é função não só da massa de água contida no ar, mas também de sua velocidade e subida. Assim para o Estado de Mato Grosso o máximo pluviométrico se verifica no solstício de verão, ou seja, de dezembro, janeiro, fevereiro e março e o mínimo no solstício de

inverno, ocorrendo no mês de julho, estando estes relacionados os eventos chuvosos a conjugação das correntes perturbadas de W, N e S, (VIANELLO 1986).

MONTEIRO (1964, 1969), montou um esquema os principais sistemas atmosféricos que atuam na região central do Brasil são: Massa Tropical Continental (MTc), Massa Equatorial Continental (MEc), - Massa Tropical Atlântica (MTa), - Massa Equatorial Atlântica (MEa), Massa Equatorial do Atlântico Norte (MEn), - Massa Polar Atlântica (MPa): - Frente Polar Atlântica (FPA), - Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Constatou-se que ao longo do período analisado os registros e variação das temperaturas, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação, aconteceram de forma bem expressiva dentro da cidade de Barra do Garças-MT.

Outro detalhe que nos chamou atenção foi a pluviometria no ano de 2017, onde registou-se 1.383,4mm de precipitação, do qual o mês de novembro se destacou com 325,4mm de precipitação, e de uma maneira especial no dia 11/11/2017 onde foi registrado 127,2mm de precipitação, e identificado como o responsável por tal anomalia a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e um acúmulo pluviométrico registrado a partir das 07 horas e 00 minutos, até 00 horas:20 minutos.

Sobre os registros fazendo uso da estação meteorológica experimental de baixo custo e do pluviômetro de PVC, mais uma vez estes instrumentos de coleta de dados meteorológicos comprovaram ser EM de extrema eficiência e credibilidade.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AMORIM, M. C. C. T. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. 2000. 374p. p.01-80. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo.

BRANDÃO, A. M. de. P. M. *O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro*. 1996. p.85. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London: Hutchison of London, 1965. 287p.

GONÇALVES, N. M. S. *Impactos pluviiais e desorganização do espaço urbano em Salvador*. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo:

Hucitec, 1985. 244p.

MENDONÇA, F. de A. *O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR*. 1994. 322p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONTEIRO, C.A.F. (1964): *Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática*, IN; Revista Geográfica, IPGH, Rio de Janeiro.

MONTEIRO, C.A.F. (1969): *A frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise ritmica dos tipos de tempo no Brasil)* - Série de Teses e Monografias no.01 - Instituto de Geografia da USP – São Paulo, 1969.

MONTEIRO, C. A. de F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Séries Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO, C. A. de F. *Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil*. Geosul, Florianópolis, 1990.v.5, n.9,

NIMER, E.; BRANDÃO, A.M.P.M. *Balanço hídrico e clima da região dos cerrados*. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 166p.

OKE, T. R. *The distinction between canopy and boundary-layer heat islands*. 1976. Atmosphere 14,

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. *A estrutura pluvial e as paisagens no Mato Grosso – Brasil*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, Rio de Janeiro, 2000b. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ,

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. *O holótipo e a gênese dos climas no Mato Grosso – Brasil*, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, Rio de Janeiro, 2000a. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ,

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. *Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais*. **Revista Informe Agropecuário**. 1986. Belo Horizonte: EPAMIG. UFMG. UFV. v.12. n°138. jun. p.6-8.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. *Meteorologia noções básicas*. São Paulo: Oficina de Textos. 2017. 180.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DOS MUNICÍPIOS DE CHAPECÓ/SC E CAÇADOR/SC PARA O CULTIVO DE OLIVEIRA

Cristina Pandolfo¹; Eduardo Cesar Brugnara²; Luiz Fernando de Novaes Vianna¹; Wilian da Silva Ricce¹;
Angelo Mendes Massignam¹
Autor para correspondência: cristina@epagri.sc.gov.br

¹Epagri/CIRAM, Florianópolis, Santa Catarina; ²Epagri/CEPAF, Chapecó, Santa Catarina

RESUMO

Análise climática é uma das primeiras ações realizadas quando há interesse em avaliar a adaptação de uma espécie a um determinado local. A cultura da oliveira necessita de condições climáticas próprias para indução floral, diferenciação floral, polinização, frutificação e maturação de frutos. O objetivo desse trabalho foi caracterizar climaticamente os municípios de Chapecó e Caçador para o cultivo oliveira. A climatologia difere entre os dois municípios quanto ao total de horas de frio $\leq 12,5$ °C, temperaturas máximas e mínimas, precipitação e soma-térmica em todas as fases fenológicas. A quantificação das variáveis meteorológicas de Caçador e Chapecó permite a comparação entre as regiões produtoras da oliveira no País.

PALAVRAS-CHAVE: Olea europaea; Fenologia; Clima

CLIMATIC CHARACTERIZATION OF THE MUNICIPALITIES CHAPECÓ/SC AND CAÇADOR/SC FOR THE OLIVE GROWING

ABSTRACT

Climatic analysis is one of the first actions taken when there is interest in evaluating the adaptation of a species to a particular region. The cultivation of olive tree require particular climate conditions for floral induction, flower differentiation, pollination, fruiting and fruit ripening. The aim of this work was to perform the climatic characterization of the Chapecó and Caçador municipalities of Santa Catarina State for olive cultivation. The climatology differs between the two municipalities in terms of total cold hours ≤ 12.5 °C, maximum and minimum temperatures, precipitation and summation in all phenological phases. The quantification of the meteorological variables of Caçador and Chapecó allowed the comparison between both the producing regions of the olive tree in the Country.

KEY-WORDS: Olea europaea; Phenology; Climate

INTRODUÇÃO

A cultura da oliveira necessita de condições climáticas próprias para indução floral, diferenciação floral, polinização, frutificação e maturação de frutos demandando condições específicas do clima para adequação as necessidades ecofisiológicas. Em muitas situações, o clima e o tempo local apresentam fatores limitantes ao bom desenvolvimento da cultura. Nesses casos, a avaliação dos indicadores bioclimáticos dá a orientação para adoção de estratégias que reduzam os efeitos adversos do clima sobre as culturas, podendo-se citar a baixa disponibilidade hídrica, temperaturas elevadas, ocorrência de geadas em diferentes intensidades e a exposição a ventos intensos.

Em Santa Catarina os estudos relacionados à olivicultura são recentes. Gallotti e Da Croce (2012) observaram danos severos causados pelas baixas temperaturas em oliveiras jovens cultivadas a 798 m de altitude, em Papanduva, SC, e ressaltaram que as plantas não entraram em repouso vegetativo, ficando mais sensíveis ao frio. Navarro García et al. (2012) afirmam que a planta sofre um processo de endurecimento quando exposta a temperaturas decrescentes no outono, especialmente abaixo de 5°C.

As observações realizadas por Da Croce et al. (2016) mostraram diferenças entre locais e variedades na produção, bem como anos com produção baixa ou nula. Além disso, a Epagri tem recebido relatos de ausência de floração e baixa frutificação em pomares localizados no Oeste do Estado, bem como perda de mudas e de flores por geadas.

Apesar disso uma pesquisa conduzida com as variedades de oliveira Arbequina, Arbosana e Koroneiki, em Caçador, Campo Erê, Chapecó e São Lourenço do Oeste, avaliou o potencial produtivo das plantas e a qualidade do azeite. Os resultados sugerem a inclusão da espécie como uma alternativa de diversificação produtiva para a fruticultura nacional e regional (Da Croce et al., 2016).

Diante das incertezas e da carência de dados sobre a cultura da oliveira em Santa Catarina, estudos climatológicos das áreas onde atualmente os experimentos estão implantados podem ajudar a elucidar as causas dos problemas relatados e caracterizar de forma mais consistente a potencialidade da região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a climatologia dos municípios de Chapecó e Caçador para o cultivo de oliveira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os índices bioclimáticos para a cultura da oliveira foram selecionados a partir de revisão bibliográfica. A fenologia média foi definida a partir de anotações provenientes dos trabalhos de observação do comportamento agrônomo de cultivares de oliveira em SC (Arbequina, Arbonsana e Koroneiki, dados não publicados). Os dados meteorológicos foram obtidos das estações meteorológicas disponíveis no banco de dados da EPAGRI/Ciram com períodos não homogêneos. A localização das estações meteorológicas usadas são: Caçador, 26° 49' 10"W, 50° 59' 09"S, 945m de altitude; Chapecó, 27° 05' 27"W, 52° 38' 03"S, 679m de altitude. O número de horas de frio foi calculado (HF) correspondendo ao número de horas com temperatura do ar $\leq 12,5^{\circ}\text{C}$. A frequência e intensidade de geada foram calculadas pela temperatura mínima do ar ($T_{\text{min}}^{\circ}\text{C}$) para diferentes intensidades: sem geada ($t_{\text{min}} \geq 3^{\circ}\text{C}$), geada fraca ($3 > t_{\text{min}} \geq 1^{\circ}\text{C}$), geada moderada ($1 > t_{\text{min}} \geq -2^{\circ}\text{C}$) e geada forte ($t_{\text{min}} < -2^{\circ}\text{C}$). A probabilidade de ocorrência de geada para as diferentes intensidades diária foi estimada para uma janela móvel de nove dias centrada no dia em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As normais climatológicas para as estações meteorológicas de Caçador/SC e Chapecó/SC são apresentadas na Figura 1. A precipitação total anual é bem distribuída com maiores valores em outubro e janeiro para Caçador (1.679,3mm) e setembro e outubro em Chapecó (2.064,9mm). As temperaturas médias mensais variam entre 14,3 e 23,4°C e 11,8 a 20,6 °C para Chapecó e Caçador, respectivamente.

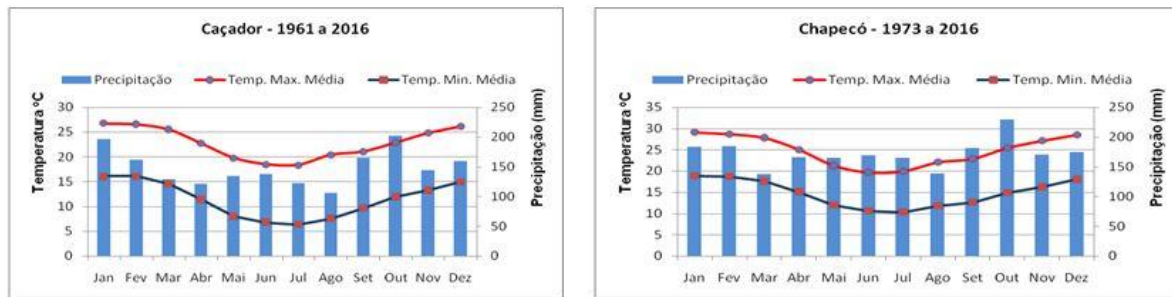


Figura 1: Médias mensais de precipitação (mm), temperatura máxima absoluta (°C) e temperatura mínima absoluta (°C) para as estações meteorológicas de Caçador e Chapecó, Santa Catarina.

As HF $\leq 12,5$ °C foram acumuladas entre 01/04 a 20/07 correspondendo ao período em que a planta está em repouso e antecede a fase de desenvolvimento das inflorescências. Devido a localização da estação meteorológica de Caçador, estar aproximadamente 270m de altitude mais elevada que Chapecó e isso refletir nas temperaturas diárias, os valores de HF em todos os anos, com exceção de 2002, são superiores à Chapecó (Figura 2).

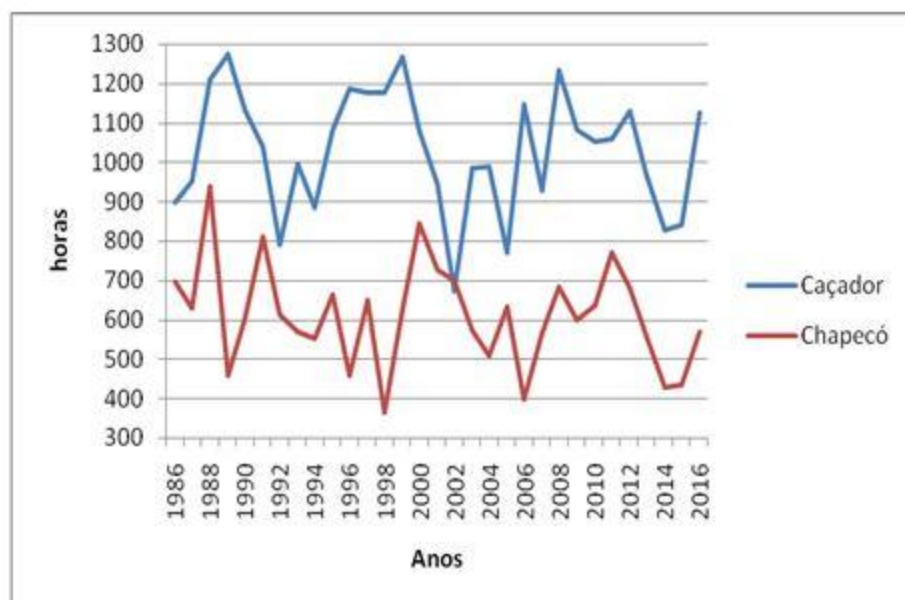


Figura 2: Horas de frio $\leq 12,5$ °C acumuladas entre 01/04 a 20/07 nas estações meteorológicas de Caçador e Chapecó, Santa Catarina.

Para Caçador, a média climatológica das horas de frio $\leq 12,5$ é de 1079,9 horas com desvio-padrão de 192,5 horas e coeficiente de variação de 17,8%. Para Chapecó, a média fica em 611,1 horas, com desvio-padrão de 130,5 horas e coeficiente de variação de 21,35%. A probabilidade de Caçador superar anualmente o valor de 600 horas de HF $\leq 12,5$ é de 1; enquanto para Chapecó é de 0,55 para superar 600 HF $\leq 12,5$ de frio anuais e 0,81 para superar as 500 HF $\leq 12,5$. Essa disponibilidade em frio evidencia a necessidade da escolha de materiais menos exigentes em frio para Chapecó. No entanto, a demanda em frio para diferentes cultivares não foi definido por estudos na região.

Em relação à probabilidade de ocorrência da geada, pode-se observar em Caçador que no início do mês de maio, geada fraca e geada moderada passam a exceder o limite de 20% de probabilidade até o início de setembro (Figura 3). A recomendação de cultivares com maior exigência em frio preservaria o florescimento da época de maior probabilidade de ocorrência de geada. Chapecó apresenta valores de probabilidade de ocorrência de geada inferiores aos observados em Caçador.

Temperaturas máximas acima 35°C são observadas com baixa probabilidade de ocorrência nos dois municípios. Na Tabela 1, podem ser observadas as temperaturas máximas por fase fenológica. Em média, nenhuma delas apresenta valores que mostrem restrição ao cultivo. Em relação à disponibilidade térmica, os

graus-dias acumulados utilizando temperatura basal 10°C e máxima basal de 40°C são maiores em todas as fases fenológicas em Chapecó.

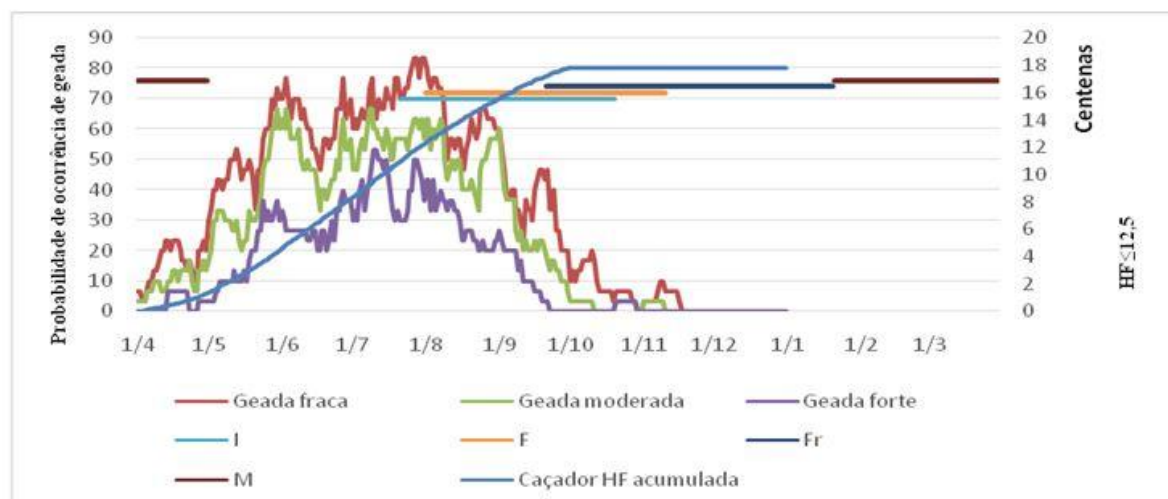


Figura 3: Fenologia média da oliveira (I=Desenvolvimento das inflorescências; F = Florescimento; Fr = Frutificação; M = Maturação), HF \leq 12,5 °C, intensidade e probabilidade de ocorrência de geadas nas estações meteorológicas de Caçador/SC.

Tabela 1: Fase fenológica, decêndios, HF \leq 12,5 (°C), Graus-dia Base10 (°C), temperaturas média, máxima e mínima absoluta (°C) e precipitação total (mm) para Caçador e Chapecó/SC.

Fase fenológica	Decêndio	HF \leq 12,5 (°C)	GD B10 (°C)	Temp média (°C)	Temp min abs (°C)	Temp max abs (°C)	Precipitação total (mm)
Caçador/SC							
Repouso	10 a 20	1079,9		13,3	-4,6	28,2	254,9
Desenvolvimento das inflorescências	21 a 29		536,2	13,8	-4,3	30,1	263,3
Florescimento	25 a 31		486,2	15,9	-0,8	30,6	230
Frutificação	27 a 2		1098,2	18,3	1,7	31,8	384,7
Maturação	3 a 12		1089,1	18,9	2,5	31,6	289,7
Chapecó/SC							
Repouso	10 a 20	611,1		16,0	-0,4	30,2	520,1
Desenvolvimento das inflorescências	21 a 29		758	16,8	-0,2	32,2	506,5
Florescimento	25 a 31		647,6	18,5	3,8	32,6	439,3
Frutificação	27 a 2		1409,9	21,1	6,5	33,8	699,4
Maturação	3 a 12		1337,8	21,5	7,6	33,4	549,5

Durante o ciclo da cultura os totais de precipitação para os dois locais de estudo, superam os valores de demanda de água pela cultura citados em literatura (250 a 550mm/ano) (Coutinho et al., 2007). A

distribuição mensal da precipitação é regular nos dois locais, com valores maiores no município de Chapecó. Exceto em alguns anos em que ocorrem estiagens, há um excedente hídrico para as culturas perenes em Santa Catarina. Como alternativa há a possibilidade da escolha de microclimas com menor umidade relativa, escolhendo o posicionamento no terreno e fazendo o cultivo com exposição norte para aumentar a interceptação da radiação solar.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A climatologia difere entre os dois municípios quanto ao total de horas de frio $\leq 12,5$ °C, temperaturas máximas e mínimas, precipitação e soma-térmica em todas as fases fenológicas.

A quantificação das variáveis meteorológicas de Caçador e Chapecó permitiu comparar duas regiões com produções experimentais de oliveira no País. Apesar disso, os dados fitotécnicos ainda são incipientes para se propor um zoneamento para a cultura.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

COUTINHO, E. F. **A cultura da oliveira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 143 p.

DA CROCE, D. M.; BRUGNARA, E. C.; OLIVEIRA, V. P.; DIAS, C. R. Avaliação da produção e do rendimento de azeite das oliveiras ‘Arbequina’, ‘Arbosana’ e ‘Koroneiki’ em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 54-57, 2016.

GALLOTTI, G. J. M.; CROCE, D. M. Observação do comportamento agrônômico de cultivares de oliveira no Planalto Norte Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 49-52, 2012.

NAVARRO GARCÍA, C.; MESQUITA, H.A.; ALVARENGA, A.A. Limitações de clima, solo e planejamento do plantio para o cultivo da oliveira. In.: OLIVEIRA, A.F. de (ed.). **Oliveira no Brasil**. Tecnologias de produção. Belo Horizonte, Epamig, 2012. p. 349-383.

TENDÊNCIA DA TEMPERATURA MÍNIMA DO AR NA CIDADE DE BAGÉ-RS

Letícia Prechesniuki Alves¹; Fernando Rafael Batista Ribeiro Júnior²; Graciela Redies Fisher³; Leonardo José Gonçalves Aguiar⁴

Autor para correspondência: leticiaprechesniuki@hotmail.com

¹UFPEI, Pelotas, Rio Grande do Sul; ²UFPEI, Pelotas, Rio Grande do Sul; ³UFPEI, Pelotas, Rio Grande do Sul; ⁴UFPEI, Pelotas, Rio Grande do Sul

RESUMO

O estudo do clima é de essencial importância para melhor entender possíveis alterações nas séries temporais, bem como possíveis mudanças climáticas. Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade das temperaturas mínimas mensais e verificar a possibilidade de ocorrência de tendência na série de dados na cidade de Bagé, localizada no estado do Rio Grande do Sul – Brasil. Foram utilizados dados mensais da temperatura mínima do ar para o período de 1913 a 2014. Foi utilizado Teste de Mann- Kendall para verificar a existência de tendência e o Teste de Pettit para análise de ocorrência de mudanças bruscas nas médias. Os resultados obtidos indicaram tendência positiva nas séries de temperatura mínima do ar da série temporal de 1913 a 2014, tanto para as médias anuais como para as médias sazonais. Por meios dos testes estatísticos foi possível obter um maior conhecimento da variabilidade da série temporal da temperatura mínima do ar, o que poderá auxiliar em um melhor planejamento agrícola da região.

PALAVRAS-CHAVE: Teste de Pettit; Teste de Mann-Kendall; Séries Temporais

MINIMUM TEMPERATURE TRENDS AT THE BAGÉ-RS

ABSTRACT

The study of the climate is of essential importance to better understand possible changes in the time series, as well as possible climatic changes. This work aims to analyze the variability of monthly minimum temperatures and verify the possibility of occurrence of trend in the data series in the city of Bagé, located in the state of Rio Grande do Sul - Brazil. Monthly minimum air temperature data were used for the period from 1913 to 2014. Mann-Kendall test was used to verify the existence of trend and the Pettit test to analyze the occurrence of abrupt changes in the means. The results obtained indicated a positive trend in the series of minimum air temperature for the period from 1913 to 2014, for both annual and seasonal averages. The statistical tests made it possible to obtain a better knowledge of the variability of the time series of the minimum air temperature, which could help in a better agricultural planning of the region

KEY-WORDS: Test of de Pettit; Test de Mann-Kendall; time series

INTRODUÇÃO

Na época atual muitos estudos sobre as mudanças climáticas têm sido realizados, o que mostra a grande preocupação no meio científico- acadêmico em relação às mudanças climáticas e suas consequências associadas a todas as implicações de âmbito social, ambiental e econômico. Segundo o Christofolletti (1993), o clima pode ser considerado como o elemento condicionador da dinâmica do meio ambiente com influência

direta nos processos de ordem física e biológica, assim como nos sistemas socioeconômicos de um modo geral, portanto, o clima apresenta-se essencial para a vida e para as atividades humanas.

As variáveis de temperatura do ar e a precipitação pluvial são elementos climáticos que influenciam, significativamente, as atividades agrícolas, humanas e o meio ambiente em geral. Com a crescente preocupação em relação as mudanças no clima, a determinação da variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar e precipitação torna-se muito importante, para melhor conhecer o comportamento de tais variáveis em uma determinada região. A variabilidade climática é a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através de desvio padrão ou coeficiente de variação, Conti (2000).

Menzzomo (2004) em um estudo para a região da cidade de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul verificou, a partir da análise de temperatura mínima média mensal, uma tendência linearmente crescente, desta variável. Os coeficientes angulares em cada equação de regressão linear mostraram que em 100 anos, a temperatura mínima média trimestral apresentou um aumento de 1,2 °C a 2,8 °C. Outro estudo para o estado do Rio Grande do Sul mostrou um aumento da temperatura mínima e forte redução das amplitudes térmicas (Berlato e Althaus, 2010).

A agricultura é uma das principais atividades da região sul do Brasil, dessa forma torna-se importante estudar a variabilidade do clima da região, visto que a agricultura é altamente dependente do clima.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O principal objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade das temperaturas mínimas mensais em Bagé-RS e identificar a existência de tendências na série temporal analisada, por meio do teste sazonal de Mann-Kendall e de Pettit.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Estação Meteorológica de Bagé- RS, pertencente ao INMET, sob as coordenadas 31,30°S e 54,11°W, numa altitude de 245 metros. Foram realizadas análises das médias anuais e por estações (primavera, verão, outono e inverno) da temperatura mínima do ar correspondente aos anos de 1913 a 2014 a fim de verificar possíveis tendências na série temporal dessa variável. Os dados passaram por uma análise prévia, com a finalidade de retirar valores espúrios e possíveis inconsistências. Em seguida realizou-se análises por meio de estatística descritiva e inferencial e quando os dados não apresentaram distribuição normal, o intervalo de confiança teve de ser construído com reamostragem *bootstrap* com mil replicações, com 95% de confiança.

Para verificação das tendências foram realizadas análises por meio do teste de Mann-Kendall, proposto inicialmente por Sneyers (1975), sendo esse um teste não paramétrico sugerido pela World Meteorological Organization (WMO) e recomendado para avaliar as tendências em séries temporais de dados ambientais (YUE; YANG; WU, 2002). Outro teste não paramétrico utilizado neste trabalho foi o de ponto de mudança de Pettit (PETTIT, 1979). Essa estatística permite localizar onde ocorre uma mudança brusca na média na série temporal, identificando, por exemplo, o ano de ocorrência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na figura 1, uma tendência da temperatura mínima do ar para o local de estudo, apresentando uma tendência positiva na média anual e nas quatro estações do ano entre o período de 1913 a 2014.

Figura 1: Média da temperatura mínima do ar da cidade de Bagé-RS com a linha de tendência, para o período de 1913 – 2014.

Na tabela 1 são apresentadas as tendências de temperatura mínima do ar de 1913 a 2014, com seus devidos p-valores e coeficientes angulares, para o período de estudo com significância estatística de 95% de confiança.

Tabela 1: Análise de tendência de temperatura mínima (°C) gerados pelo teste de Mann-Kendall com p-valor e coeficiente angular, de 1913 a 2014.

Período	p-valor	Coefficiente angular
Anual	< 0,0001	0,011
Verão	0,0003	0,010
Outono	0,001	0,013
Inverno	0,004	0,010
Primavera	< 0,0001	0,018

Os resultados obtidos pelo teste estatístico de Mann-Kendall para os anos de 1913 a 2014 confirmam tendências significativas de aumento da temperatura mínima do ar, tanto para a média anual como para as quatro estações do ano, concordando com o estudo de Menzomo (2004). Os coeficientes angulares do teste estatístico de Mann-Kendall indicaram aumento da temperatura mínima do ar para o período de estudo, sendo encontrados os valores de 0,011 °C, 0,010 °C, 0,013 °C, 0,010 °C e 0,018 °C, para as médias anuais, verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

Foi possível identificar por meio do teste de Pettit uma mudança brusca na série climatológica de 1913 a 2014, apontando o ano de 1955 (p-valor <0,0001). Considerando as estações do ano, no verão o ano de 1950 foi indicado como ano de ocorrência de mudança brusca na série de dados (p-valor 0,0002), no outono o ano de 1978 (p-valor 0,014), inverno o ano de 1956 (p-valor 0,006) e primavera o ano de 1952 (p-valor <0,0001).

Em estudos de análises de tendências é importante observar que, fatores como urbanização e mudanças no uso e ocupação da terra e, principalmente, efeitos de fenômenos globais de oscilações interdecadais, podem influenciar na variabilidade da temperatura do ar do local de estudo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O presente trabalho estudou o comportamento das médias da temperatura mínima do ar referentes aos anos 1913 a 2014 na cidade de Bagé- RS. Ao longo da série histórica verificou-se tendência positiva significativa na média anual e sazonal das temperaturas mínimas do ar na cidade, evidenciado pelo teste de Mann-Kendall.

Para a cidade de Bagé- RS ainda não havia estudos sobre a variabilidade e tendência de temperatura mínima do ar, portanto o trabalho contribui para aumentar o conhecimento da variabilidade temporal da temperatura mínima do ar na região. Servindo de subsídio principalmente para otimizar atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas na região, pois são atividades altamente dependentes da temperatura do ar. Bem como, auxiliar no planejamento agrícola da cidade.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) pelo fornecimento dos dados e ao PET (Programa de Educação Tutorial) pelo incentivo na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERLATO, M. A; ALTHAUS, D. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de geografia**, ano 10, n.3, 2010. Disponível em: < http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398780904_art01.pdf> Acesso em: 10 out. 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba (SP). **Dissertação de Mestrado**. São Paulo, ano 91, jul. 1991. Disponível em:< <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/viewFile/30585/19773>> Acesso em: 5 mai. 2019.

CONTI, J.B. Considerações sobre mudanças globais e regionais. Variabilidade e mudanças climáticas, Maringá- PR, ano 2000, mar. 2000. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47286>> Acesso em: 20 mai. 2019.

MEZZOMO, D. Análise da temperatura média mínima mensal numa região homogênea do estado do Rio Grande do Sul que contém a estação meteorológica de Pelotas. **Dissertação de Mestrado**, Pelotas-RS, ano 04, 2004. Disponível em: < http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/3463/1/dissertacao_fernando_nunes_lopes.pdf >. Acesso em: 10 out. 2018.

PETTIT, A.N. A non-parametric approach to the change point problem. **Applied Statistics**, London, 1979 p. 126-135. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2346729?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em 20 out. 2018

YUE, P. S; YANG, T. C.; WU, C. K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of Hydrology**, 2002. p. 161-175. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/7470/ad7bbf2470587ad8f76b390039fcf1f5c2a0.pdf>>. Acesso em 20 out 2018.

DURAÇÃO DE VERANICOS E INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS PARA A CIDADE DE PALMEIRAS DE GOIÁS – GO

Felipe Cruz Ferreira¹; Anderlirio Borges de Souza Junior²; Diego Simões Fernandes³; Wilber Pereira Machado⁴; Gustavo Venâncio de Almeida Moura⁵
Autor para correspondência: fezaogyn@gmail.com

¹UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS; ²UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS; ³UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS; ⁴UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS; ⁵UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS

RESUMO

Veranico é uma anomalia climática que pode influenciar grandemente a produção de grãos de um local. Com isso, o objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência de veranicos na estação chuvosa para o município Palmeiras de Goiás, no período de 1975 a 2017 e buscar sua relação com a ocorrência do fenômeno climático El Niño- Oscilação Sul (ENOS). Os resultados descrevem que a ocorrência da fase fria do ENOS pode atrasar o início da estação chuvosa na região.

PALAVRAS-CHAVE: ENOS; fenômenos climáticos; comportamento hídrico

DURATION OF DROUGHT AND ENZO PHENOMENON INFLUENCE TO CITY OF PALMEIRAS DE GOIÁS – GO

ABSTRACT

Drought is a climatic anomaly that can greatly influence the grain production of a site. Thus, the objective of this work was to analyze the drought occurrence in the rainy season for the municipality of Palmeiras de Goiás from 1975 to 2017 and investigate its relationship with the occurrence of the climate phenomenon El Niño-Southern Oscillation (ENZO). The results describe that the occurrence of ENSO cold phase may delay the beginning of the rainy season in the region.

KEY-WORDS: ENZO; climatic phenomena; water behavior

INTRODUÇÃO

O clima predominante no domínio do Cerrado é o Tropical sazonal, de inverno seco, o qual o município de Palmeiras de Goiás faz parte. Em geral, a precipitação média anual fica entre 1200 e 1800 mm. Apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), que é a estação chuvosa. Curtos períodos de estiagem, chamados de veranicos, podem ocorrer em meio a esta estação, criando sérios problemas para a produtividade na agricultura. No período de maio a setembro os índices pluviométricos mensais reduzem-se bastante, podendo chegar à zero (COUTINHO, 2002).

De acordo com Minuzzi (2005) a definição de veranico para as regiões tropicais é muito divergente, a começar pelo que se considera como um dia seco. Para Pena (2013) são considerados veranicos os dias com precipitação abaixo de 3 mm. Minuzzi et al. (2005) consideram como veranico, o período de pelo menos três

dias seco consecutivo. Segundo Alves e Repelli (1992), a atmosfera é um fluido gasoso o qual pode sofrer efeitos de expansão e compressão e estas são considerações que definem o clima de um local. Estes efeitos podem ser influenciados por um fenômeno de efeito global definido como El Niño Oscilação-Sul (ENOS).

Neste contexto, Minuzzi (2005) descreve que durante a ocorrência de El Niño ocorre uma má distribuição das chuvas. Isso durante o período chuvoso pode gerar sérios problemas na agricultura brasileira. Assim, deve ser dada maior importância às estiagens e às chuvas em excesso que estejam associadas aos fenômenos de grande escala, como o ENOS, pois afeta a circulação geral da atmosfera (MINUZZI, 2005).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo comparar as ocorrências de veranicos no período de 1975 a 2017 para o município de Palmeiras de Goiás, estado de Goiás, com a intensidade da ocorrência do fenômeno El Niño-Oscilação-Sul (ENOS).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi o município de Palmeiras de Goiás, estado de Goiás, localizado na microrregião Rio dos Bois. As estações do ano são divididas em duas partes bem definidas: estação seca e estação chuvosa. A precipitação acumulada anual normal de ocorrer é de 1633,5 mm e a temperatura média anual é de 24,1°C.

Os dados utilizados para o estudo foram do período de 1975 a 2017, da variável climática precipitação diária. Foi utilizado duas estações de coletadas de dados instaladas no município de Palmeiras de Goiás, uma da Agencia Nacional de Águas (ANA) e outra do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO). O período de dados, órgão de operação, tipo de estação e dias com falhas de dados estão descritos na tabela 1. Na análise preliminar dos dados foram contabilizadas 1.537 falhas para o período de 1975 a 2017, dos dados de precipitação diária, sendo o maior número de ocorrências de falhas nos anos de 1985 a 1995 como descreve a tabela 1.

Tabela 1: Período dos dados utilizados, por órgão operativo, tipo de estação utilizada e contagem dos dias com falhas.

Período	Órgão Operativo	Tipo de Estação	Dias com Falhas
1975-1985	ANA	Pluviométrica	0
1985-1995	ANA	Pluviométrica	989
1995-2006	ANA/SIMEHGO	Pluviométrica/Meteorológica	454
2007-2017	ANA/SIMEHGO	Pluviométrica/Meteorológica	94
Total			1537

Os dados da anomalia climática El Niño Oscilação Sul (ENOS) utilizados nesse estudo seguiram metodologia descrita em Huang et al. (2017), o qual demonstra a aplicabilidade do índice ONI (*Oceanic Niño Index*). Os valores do índice ONI estão sendo disponibilizados no website do Climate Prediction Center (CPC, https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php).

Para o preenchimento de falhas foi utilizado a seguinte metodologia: caso a falha ocorresse no período seco (abril à setembro), foi atribuído ao dia com falha valor igual a zero (0); No período chuvoso (outubro à

março) preencheu-se as falhas de até 30 dias com dados do mesmo período do ano anterior, observando se o ano estava sofrendo a mesma anomalia climática.

Para a contabilização dos veranicos, objeto de estudo deste trabalho, foi utilizado metodologia descrita por Minuzzi (2005), o qual descreve a ocorrência de dias sem precipitação quando o valor precipitado é igual ou menor a 3 mm. Foi utilizado apenas a estação chuvosa para a verificação de ocorrência de veranicos, e foram divididos em duas classes: Classe 1, veranicos de 5 a 9 dias, ou seja, 5 a 9 dias consecutivos sem precipitação; e Classe 2, veranicos de 10 a 15 dias consecutivos sem precipitação.

Para relacionar os períodos de ocorrência de veranicos com a ocorrência da anomalia climática ENOS, foi utilizado os dados do índice ONI, disponibilizado pelo CDC/NOAA, os quais foram classificados os valores por intensidade de ocorrência, e assim, elaborou-se a tabela descritiva variando de fraco a forte intensidade, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Anos com ocorrência de ENOS e suas intensidades.

Período	Intensidade	Período	Intensidade
1975-1976	La Niña Forte	1998-2001	La Niña forte
1976-1978	El Niño Fraco	2002-2003	El Niño Moderado
1979-1980	El Niño Fraco	2004-2005	El Niño Fraco
1982-1983	El Niño Forte	2005-2006	La Niña Fraco
1983-1985	La Niña Fraco	2006-2007	El Niño Fraco
1986-1988	El Niño Forte	2007-2009	La Niña Forte
1988-1989	La Niña Fraco	2009-2010	El Niño Forte
1991-1992	El Niño Forte	2010-2012	La Niña Forte/Moderado
1994-1995	El Niño Moderado	2014-2016	El Niño Forte
1995-1996	La Niña Moderado	2016-2018	La Niña Fraco
1997-1998	El Niño Forte		

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia proposta, os veranicos foram divididos em 2 classes, classe 1 (períodos de 5 a 9 dias consecutivos sem precipitação) e classe 2 (períodos de 10 a 15 dias consecutivos sem precipitação). A Figura 1 ilustra a distribuição mensal de ocorrências de veranicos no período analisado para as 2 classes utilizadas. Como se pode observar a classe 1 tem muito mais ocorrências de veranicos do que a classe 2. Isso é esperado, pois, o período analisado é o chuvoso na região estudada, e normalmente deveria ter chuvas todos os dias. Então, dias sem precipitação deveriam ser de menor ocorrência.

Para a classe 1, figura 1a, o mês de março foi o que teve o maior número de ocorrências de veranicos, 56, seguido de janeiro e novembro com 45 e 42 ocorrências, respectivamente. Salienta-se que ocorrências de veranicos no mês de novembro, para algumas culturas, não são tão prejudiciais à agricultura da região, pois nesse mês as plantas estão no estágio de florescimento. Entretanto, as ocorrências de veranicos nos meses de dezembro e janeiro são muito prejudiciais porque é nesses meses que as culturas estão na fase de enchimento de grãos e necessitam de muita água diária.

Os veranicos da classe 2, figura 1b, tiveram as maiores ocorrências nos meses de outubro e março 13 e 11 ocorrências, respectivamente. No mês de outubro é o início da estação chuvosa, assim, muitas vezes a chuva inicia-se após o dia 15, ocasionando períodos com veranicos nesse mês. Já em março, é o final da estação chuvosa, e assim, a precipitação se torna irregular, também ocasionando muitos dias com ocorrências de veranicos longos. Esses 2 meses também não são tão prejudiciais a safra anual da região, porém, o mês de março, se for observado veranicos longos prejudica a safrinha do município analisado.

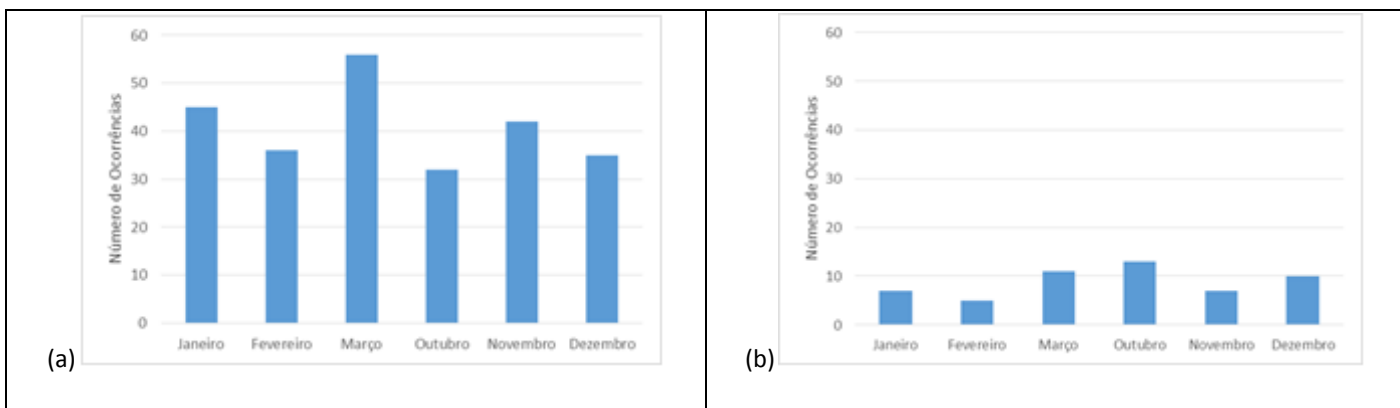


Figura 1: Número de ocorrência de veranicos no período de 1975 a 2017 para o município de Palmeiras de Goiás separados por classes, (a) Classe 1 e (b) Classe 2.

Já a figura 2 demonstra as ocorrências de veranicos sobre influencia do fenômeno ENOS. O mês de março é o período com maior ocorrência de veranicos, 28, por ser um mês de virada da estação chuvosa para seca, assim, normalmente ocorrendo maiores irregularidades. As análises permitiram observar que há ocorrências de veranicos para o município analisado durante qualquer mês do período chuvoso. Os meses de março e outubro se destacam, pois, são respectivamente os meses de fim e início da estação chuvosa.

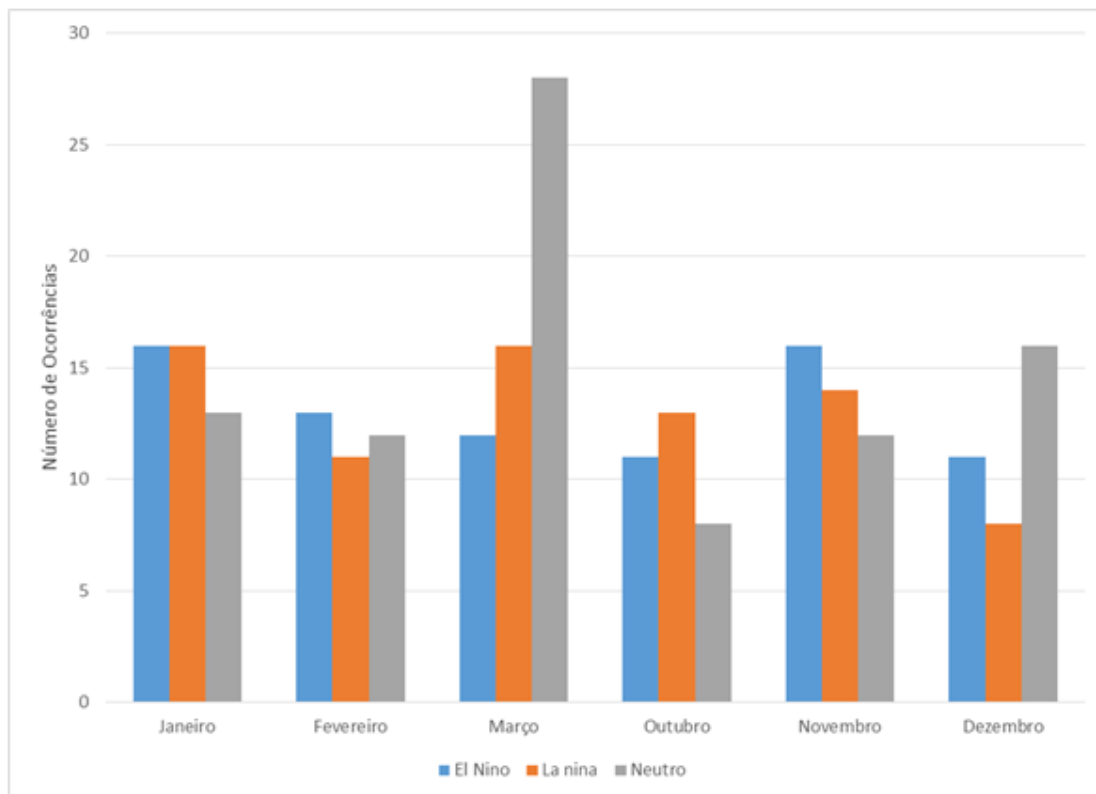


Figura 2: Ocorrência de veranicos nos meses da estação chuvosa do período de 1975 a 2017, separados pela ocorrência das anomalias climáticas El Niño e La Niña e anos neutros, para o município de Palmeiras de Goiás.

Os dados dos veranicos que ocorreram concomitantemente aos eventos de ENOS, foram separados de acordo com intensidade do fenômeno ENOS: fraco, moderado e forte, conforme ilustra a Figura 3. O intuito foi verificar se o ENOS influenciava a ocorrência de veranico e de que maneira poderia caracterizar essa situação. Conseguiu-se observar que em anos com ENOS de intensidade fraca não há uma grande diferença de ocorrência de veranicos com duração de 5 a 10 dias (classe 1), porém, se houver um El Niño no início do período chuvoso a chance de as precipitações ocorrerem mais tardias são maiores e com maior duração. Já se houver um La Niña já no início do período chuvoso, a chance de ocorrer um veranico com maior duração são maiores e possivelmente irá atrapalhar a safra no período de maior necessidade de água para a região analisada.

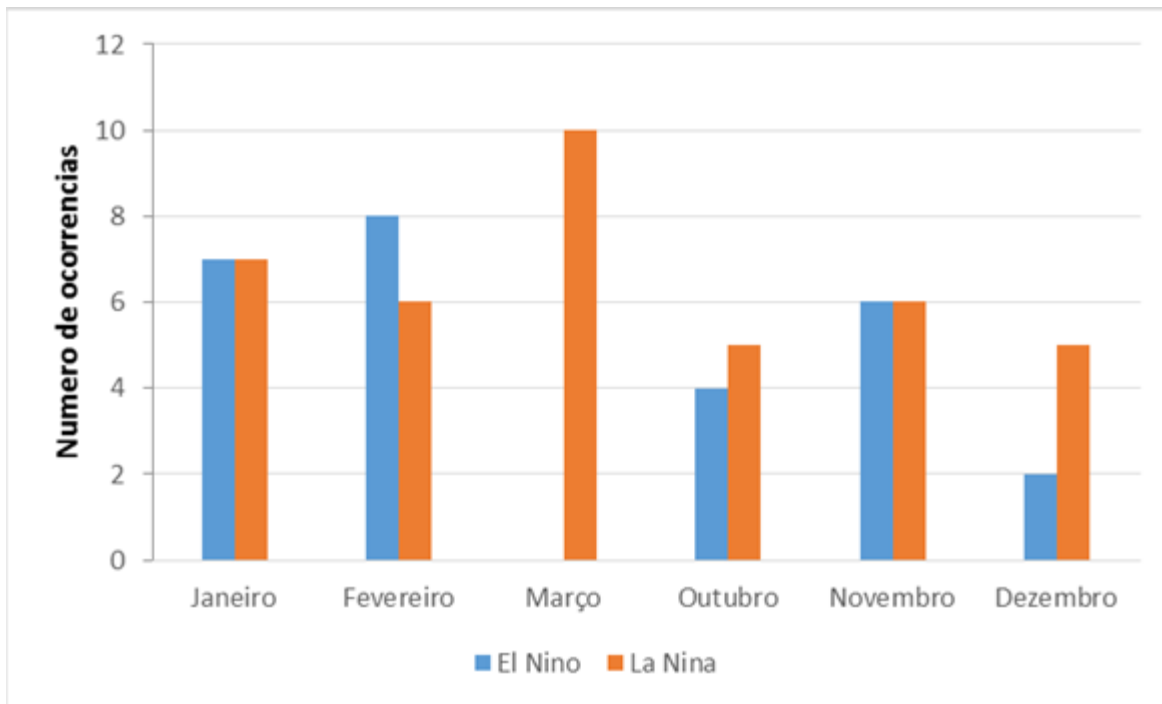


Figura 3: Ocorrência de veranicos, classe 1, sobre influência do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) de intensidade fraca, para cidade de Palmeiras de Goiás no período de 1975 a 2017 durante os meses do período chuvoso.

Foi verificado maiores influências do fenômeno La Niña, de moderada intensidade, na ocorrência de veranicos para os meses de outubro e novembro, os quais respectivamente tiveram maiores ocorrências de veranicos de classe 2, Figura 4. Veranicos ocorridos no início da estação chuvosa tem grande influência na produção de grãos, pois, geralmente ocorre o plantio após certa quantidade de chuva, com a ocorrência de veranicos no início da estação, a chuva que precisa ser duradoura acaba se atrasando, assim, perdendo as sementes plantadas nesse período, caso o produtor não mantenha o acompanhamento das previsões de tempo e clima.

Já em anos com ENOS de intensidade forte, Figura 5, tem-se maiores influências na ocorrência de veranicos de classe 2, principalmente para o mês de março, onde predominantemente tiveram a ocorrência da fase quente do fenômeno ENOS. Isso exposto, foi possível observar que essa situação termina o período chuvoso mais cedo, e isso tem influência direta na safrinha da região. Além disso, constatou-se que no início da estação chuvosa, em outubro, também foi observado muitos casos de ocorrência tanto de El Niño quanto de La Niña, e em ambas as situações podem influenciar o início da estação chuvosa na região, podendo começa-la em meados de novembro. Já em veranicos de classe 1 não se conseguiu caracterizar com tanta diferença entre os fenômenos El Niño e La Niña.

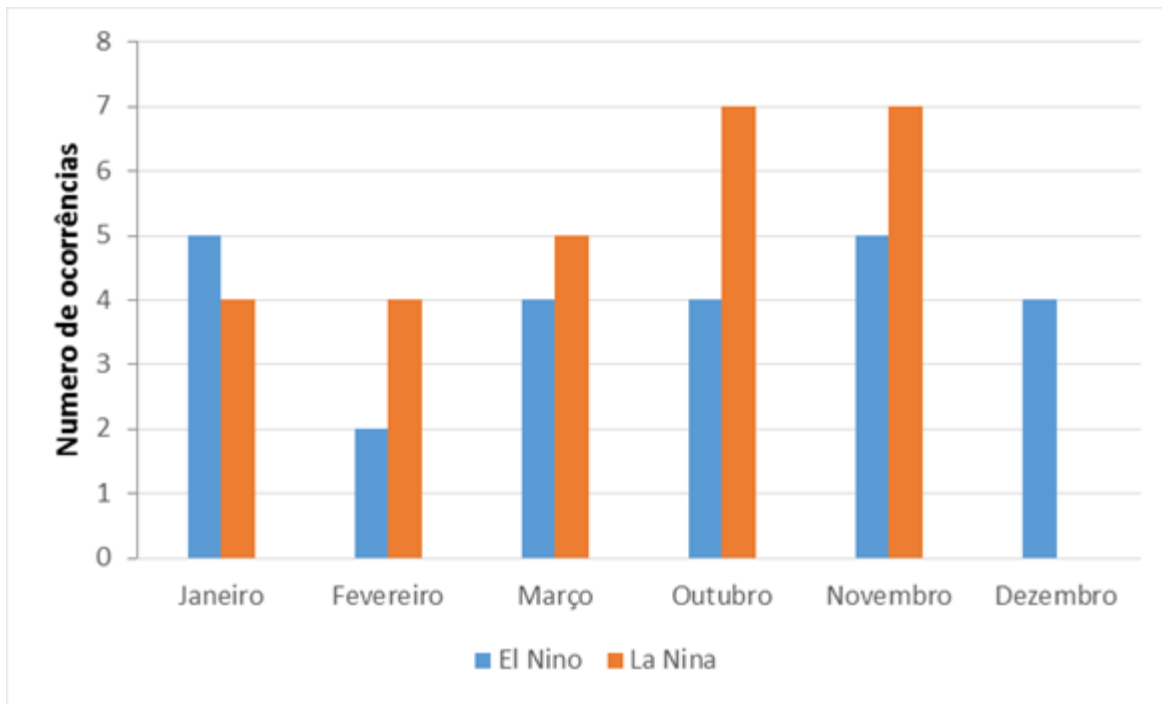


Figura 4: Ocorrência de veranicos classe 2, nos meses da estação chuvosa e sobre influência de ENOS de intensidade moderada, no período de 1975 a 2017, no município de Palmeiras de Goiás.

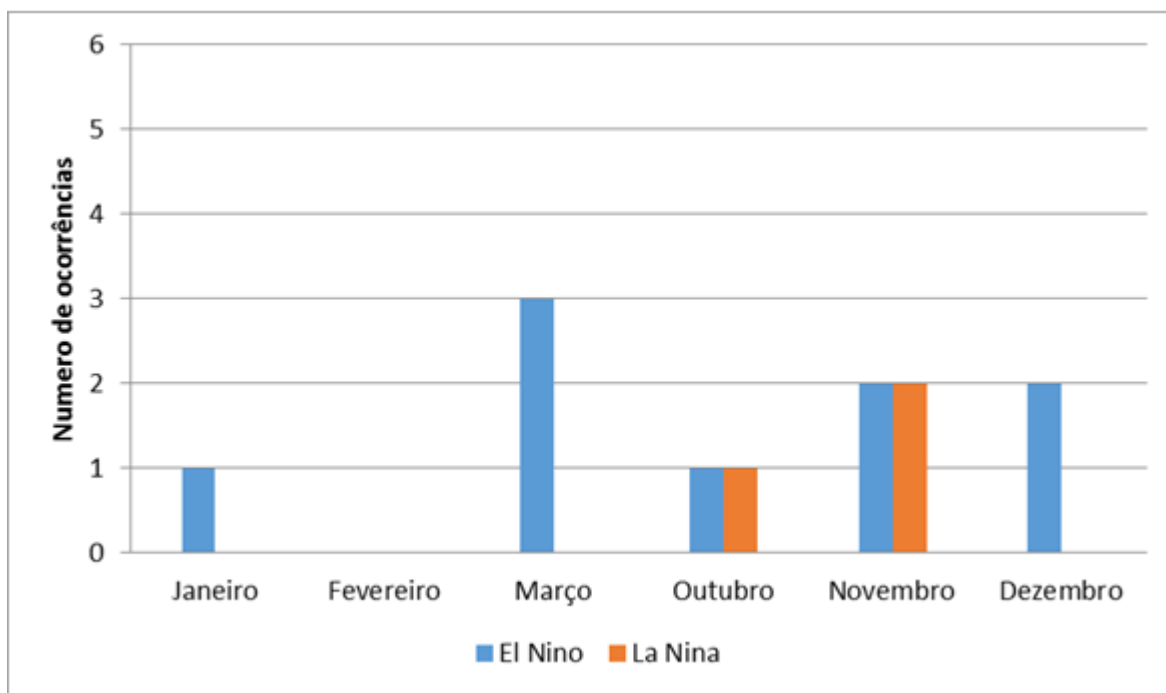


Figura 5: Ocorrência de veranicos classe 2, durante a estação chuvosa e sobre influência de ENOS de intensidade forte, no período de 1975 a 2017, no município de Palmeiras de Goiás.

As análises permitiam relacionar este estudo com o de Minuzzi (2005), o qual já havia observado que em anos com ocorrência do fenômeno ENOS, o início do período chuvoso tende a tardar, além disso, durante a fase quente do fenômeno ENOS, ocorrem uma irregularidade na distribuição das chuvas no estado de Minas Gerais, ocasionando veranicos duradouros.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No município de Palmeiras de Goiás os veranicos ocorrem naturalmente em toda a estação chuvosa com ressalvas em ocorrências no início e no fim da estação chuvosa que podem gerar bastante instabilidade como dita durante o decorrer das análises. Em ENOS com intensidade fraca observou-se bastante instabilidade no começo e no fim da estação chuvosa, já em ENOS com intensidade moderada as durações de veranicos podem ser de 10 a 15 dias dependendo da intensidade do fenômeno ENOS.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A.. A VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO SETOR NORTE DO NORDESTE E OS EVENTOS EL NINO-OSCILAÇÃO SUL (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p.583-592, 1992.

COUTINHO, L. M. O bioma do Cerrado. In: KLEIN, A. L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: Um século depois**. São Paulo: Unesp, 2002. p. 79-80.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. **El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.3, p.364-371, 2005.

PENA, D. S. **ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO PINHÃO MANSO (Jatropha curcas L.) PARA O ESTADO DE GOIÁS**. 2013. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

CASOS DE LEPTOSPIROSE NAS CAPITAES DO NORDESTE BRASILEIRO E SUA RELAÇÃO COM EVENTOS DE CHUVA E TEMPERATURA

Silvania Donato da Silva¹; José Francisco de Oliveira-Júnior²; Elania Barros da Silva³
Autor para correspondência: silvaniadonatodasilva@gmail.com

¹Estudante de Graduação em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL; ²Meteorologista, Professor, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL; ³Enfermeira, Secretaria Municipal de Capela, Capela, AL

RESUMO

O objetivo do estudo foi realizar um diagnóstico da incidência dos casos de leptospirose nas capitais do NEB entre 2001 e 2012 e sua relação com eventos de chuva e os padrões de temperatura do ar. Os dados de leptospirose das capitais do NEB foram obtidos por meio do Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde (SVS), pelo sistema DATASUS e Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAM. As séries temporais compreendem o período de 2001 a 2012. Os dados climáticos foram obtidos do INMET. Para estabelecer algum padrão relacional foi aplicado um modelo de regressão linear múltipla (MRLM) entre os casos de leptospirose e os dados climáticos via regiões do NEB (NNEB, ENEB e SNEB). O NNEB mostrou que $T > 27^{\circ}\text{C}$ e $P > 150$ mm influenciam no aumento dos casos de leptospirose em anos em que os ENOS são categorizados como moderado, neutro e forte. Situação contrária do ENEB, com temperaturas entre 25 e 27°C e chuva variável entre 100 e 200 mm também há aumento dos casos de leptospirose e, principalmente em anos em que os ENOS são categorizados como forte e neutro. Já o SNEB com temperaturas entre 26 e 27°C e chuva variável entre 80 e 100 mm há aumento dos casos de leptospirose e similar a região ENEB, os ENOS também são categorizados como forte e neutro.

PALAVRAS-CHAVE: doenças de veiculação hídrica; variáveis climáticas; regressão linear múltipla

LEPTOSPIROSE CASES IN THE CAPITALS OF THE NORTHEAST BRAZIL AND ITS RELATIONSHIP WITH RAIN EVENTS AND TEMPERATURE

ABSTRACT

The objective of the study is to make a diagnosis of the incidence of leptospirosis cases in NEB capitals between 2001 and 2012 and its relation with rain events and air temperature patterns. Leptospirosis data from the NEB capitals were obtained through the Ministry of Health, Health Surveillance Secretary (SVS), the DATASUS system and the Notification of Injury Information System (SINAM). The time series comprise the period from 2001 to 2012. Climatic data were obtained from INMET. To establish some relational pattern, a multiple linear regression model (MLRM) was applied between the cases of leptospirosis and the climatic data through NEB regions (NNEB, ENEB and SNEB). The NNEB showed that $T > 27^{\circ}\text{C}$ and $P > 150$ mm influenced the increase in cases of leptospirosis in years in which ENOS are categorized as moderate, neutral and strong. Contrary to ENEB, with temperatures between 25 and 27°C and rainfall varying between 100 and 200 mm, there is also an increase in cases of leptospirosis, and especially in years where ENOS are categorized as strong and neutral. The SNEB, with temperatures between 26 and 27°C and rainfall varying between 80 and 100 mm, has an increase in the cases of leptospirosis and similar to the ENEB region, ENSO are also categorized as strong and neutral.

KEY-WORDS: waterborne diseases; climatic variables; multiple linear regression

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática e as mudanças climáticas podem provocar um aumento significativo na incidência de doenças de veiculação hídrica e respiratórias, dentre essas doenças de veiculação hídrica a que se relaciona diretamente com o elemento climático chuva é a leptospirose, pois apresenta a maior incidência durante o período chuvoso (ALEIXO e NETO, 2010). De acordo com Oliveira et al. (2012), a leptospirose é uma zoonose do gênero *Leptospira*, onde os principais reservatórios da doença são os roedores e sua proliferação ocorre em cidades, onde a coleta de lixo é insatisfatória e a rede pluvial e de esgotos não recebem tratamento adequado. No Brasil, as regiões com maior incidência de leptospirose são: a Sul e a Sudeste. Todavia, surtos de leptospirose têm sido frequentes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (NEB) desde a década de 80 e, principalmente a partir da década de 2000 (SEGURADO; CASSENTE; LUNA, 2016; SANTOS et al., 2018). O NEB se distingue do ponto de vista climático das demais regiões brasileiras não somente por suas secas recorrentes e pela baixa pluviometria média anual em sua porção semi-árida (LIMA; FIRMINO; GOMES-FILHO, 2008). Todas essas características climáticas juntamente com problemas nas regiões Metropolitanas (RM) faz com que haja aumento de doenças epidêmicas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Portanto, o objetivo do estudo é realizar um diagnóstico da incidência dos casos de leptospirose nas capitais do NEB entre 2001 e 2012 e sua relação com eventos de chuva e os padrões de temperatura do ar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A região do NEB possui uma área de aproximadamente 1.558.196 km² e uma população de 53.081.510 habitantes. O NEB é formado por nove estados e suas capitais, são eles: Maranhão (MA) – São Luís, Piauí (PI) - Teresina, Ceará (CE) - Fortaleza, Rio Grande do Norte (RN) - Natal, Paraíba (PB) – João Pessoa, Pernambuco (PE) - Recife, Alagoas (AL) - Maceió, Sergipe (SE) - Aracaju e Bahia (BA) – Salvador. Os estados podem ser divididos em: Norte do NEB (NNEB) – (MA, PI, CE e RN), Leste do NEB (ENEb) – (PB, PE, AL e SE) e Sul do NEB (SNEB) – (BA). O NEB tem uma alta variabilidade interanual e intrasazonal da chuva, com a influência térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical, os quais controlam e modulam anos de seca e enchentes na região (LYRA et al., 2017).

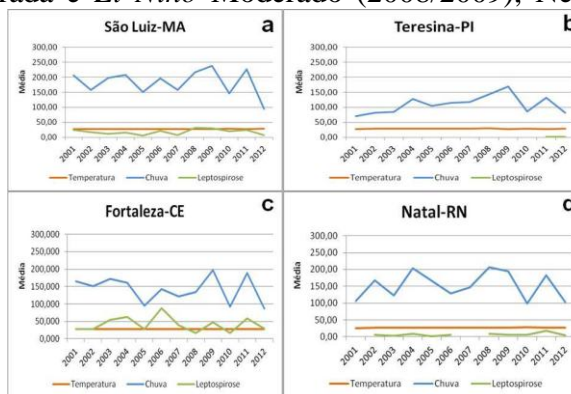
Os dados de leptospirose das capitais do NEB foram obtidos por meio do Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde (SVS), pelo sistema DATASUS e Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAM. As séries temporais compreendem o período de 2001 a 2012. Os dados de leptospirose estavam em forma de tabelas e foram transferidos para o Excel®. Seguindo dos valores médios anuais de temperatura do ar (T, °C) e chuva (P, mm) - (dados climáticos) de 2001 a 2012. Os dados meteorológicos foram obtidos a partir das estações meteorológicas convencionais (EMC) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) no seguinte endereço eletrônico: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Para estabelecer algum padrão relacional foi aplicado um modelo de regressão linear múltipla (MRLM) entre os casos de leptospirose e os dados climáticos via regiões do NEB (NNEB, ENEB e SNEB).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- NNEB

Os casos de leptospirose obtidos nas capitais do NNEB mostraram que São Luiz obteve os maiores casos nos anos de 2008 (32 casos) e 2009 (30 casos). Ambos os anos com chuva média superior a 200 mm e T > 27°C. Em Fortaleza os maiores casos foram nos anos de 2004 (63 casos) e 2006 (88 casos), ambos os anos com P entre 140 e 160 mm e, novamente com T > 27°C. Natal apresentou o maior registro, apenas em 2011 (18 casos). Vale ressaltar que o ano de 2011 a P > 180 mm, a exceção foi a T < 27°C. Destaque para Teresina com casos de leptospirose inferior a 1 por ano no NNEB (Figura 1). Os anos destacados no NNEB

correspondem aos episódios de *La Niña* Moderada e *El Niño* Moderado (2008/2009), Neutro e *El Niño*

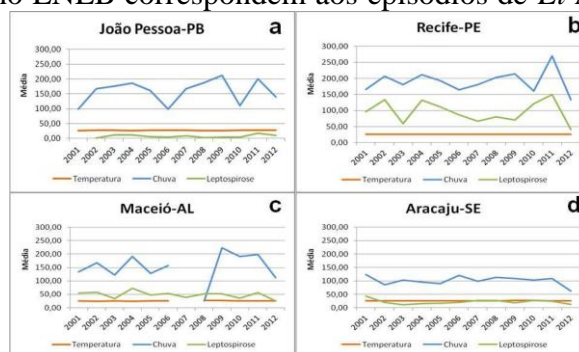


Moderado (2004 e 2006) e *La Niña* Forte (2011).

Figura 1. Casos de Leptospirose e sua relação com a chuva (mm) e temperatura (°C) do **NNEB** para as capitais de São Luiz (a), Teresina (b), Fortaleza (c) e Natal (d) para o período de 2001 a 2012.

- **ENEB**

Os casos de leptospirose obtidos nas capitais do ENEB mostraram que João Pessoa obteve os maiores casos nos anos de 2004 (12 casos) e 2011 (18 casos), os anos em destaque com P entre 180 e 200 mm e com $26 > T > 27^{\circ}\text{C}$. Em Recife os maiores casos foram nos anos de 2002 (134 casos) e 2011 (150 casos), ambos os anos com P entre 200 e 270 mm e com $T > 25^{\circ}\text{C}$. Maceió obteve os maiores casos nos anos de 2002 (57 casos) e 2004 (73 casos), os anos em destaque com P entre 160 e 190 mm e com $T > 24^{\circ}\text{C}$. Aracaju obteve os maiores casos nos anos de 2001 (43 casos) e 2010 (28 casos), os anos em destaque com P entre 100 e 120 mm e com $25 > T > 27^{\circ}\text{C}$ (Figura 2). Os anos destacados no ENEB correspondem aos episódios de *El Niño*



Forte (2002 e 2010), Neutro (2004) e *La Niña* Forte (2011).

Figura 2. Casos de Leptospirose e sua relação com a chuva (mm) e temperatura (°C) do **ENEB** para as capitais de João Pessoa (a), Recife (b), Maceió (c) e Aracaju (d) para o período de 2001 a 2012.

- **SNEB**

Os casos de leptospirose avaliados na única capital do SNEB mostraram que Salvador obteve os maiores casos nos anos de 2005 (136 casos) e 2010 (121 casos), os anos em destaque com P entre 80 e 110 mm e com $26 > T > 27^{\circ}\text{C}$ (Figura 3). Os anos destacados no SNEB correspondem aos episódios de *El Niño* Forte (2010) e Neutro (2005).

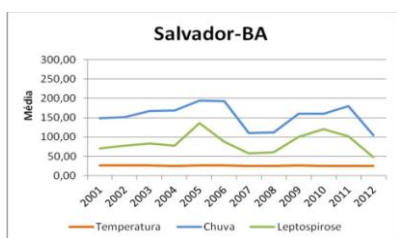


Figura 3. Casos de Leptospirose e sua relação com a chuva (mm) e temperatura (°C) do **SNEB** em Salvador para o período de 2001 a 2012.

De acordo com os valores obtidos do MLRM a partir das regiões do NEB mostraram diferenças significativas entre elas, principalmente com relação ao coeficiente de concordância (R^2), visto que a região SNEB obteve $R^2 = 0,62$, ou seja, 62% dos casos de leptospirose foram explicados pelas variáveis climáticas, seguido da região ENEB ($R^2 = 0,43$) com 43% dos casos de leptospirose também explicado pelas variáveis climáticas, a exceção foi à região do NNEB ($R^2 = 0,1$) com apenas 10%. Com relação a estatística-F obtida de ambas as regiões mostrou que o modelo proposto (MRLM) foi adequado para explicar a influência das variáveis climáticas nos casos de leptospirose apenas no SNEB e ENEB, a exceção foi o NNEB (Tabela 1). O erro padrão (EP) do coeficiente mede a precisão da estimativa do coeficiente, portanto, quanto menor o EP, mais precisa é a estimativa. Neste caso, as regiões NNEB e SNEB, exceto o ENEB.

Tabela 1. Resumo dos parâmetros obtidos do MRLM aplicados aos dados de leptospirose no NEB.

REGIÕES	R^2	EP (Erro Padrão)	Estatística-F
ENEb	0,43	30,16	5E-06
NNEb	0,1	18,9	0,090
SNEb	0,62	17,80	0,013

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O NNEB mostra que temperaturas superiores a 27°C e chuva superior a 150 mm influencia no aumento dos casos de leptospirose em anos em que os ENOS são categorizados como moderado, neutro e forte. Situação contrária do ENEB, com temperaturas entre 25 e 27°C e chuva variável entre 100 e 200 mm também há aumento dos casos de leptospirose e, principalmente em anos em que os ENOS são categorizados como forte e neutro. Já o SNEB com temperaturas entre 26 e 27°C e chuva variável entre 80 e 100 mm há aumento dos casos de leptospirose e similar a região ENEB, os ENOS também são categorizados como forte e neutro. O modelo de regressão linear múltipla entre os casos de leptospirose e os dados climáticos via regiões do NEB mostra que SNEB e ENEB se sobressaem, em virtude dos ciclos pluviométricos e o padrão de temperatura, a exceção é o NNEB. Vale ressaltar que o modelo proposto explica os casos de leptospirose, porém é necessária a inclusão de dados de urbanização, do crescimento populacional e, principalmente dado de coleta de lixo no NEB.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao DATASUS, SVS, SINAM e INMET por cederem gentilmente os dados de leptospirose e os dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALEIXO, N. C. R.; NETO, J. L. S. **Eventos Pluviométricos Extremos e Saúde: Perspectivas de Interação pelos Casos de Leptospirose em Ambiente Urbano.** HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, v. 6, n. 11, p. 118-132, 2010.

LIMA, E. A.; FIRMINO, J. L. N.; GOMES-FILHO, M. F. **A relação da previsão da precipitação pluviométrica e casos de dengue nos estados de Alagoas e Paraíba Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, p.264-269, 2008.

LYRA, G. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; CUNHA-ZERI, G.; ZERI, M. **Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies.** Meteorology and Atmospheric Physics (Print), v. 129, n. 2, p. 157-171, 2017.

OLIVEIRA, T. V. S. DE.; MARINHO, D. P.; NETO, C. C.; KLIGERMAN, D. C. **Variáveis climáticas, condições de vida e saúde da população: a leptospirose no Município do Rio de Janeiro de 1996 a 2009.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 17, n. 6, p. 1569-1576, 2012.

SANTOS, Y. S. ;SILVA, E. B.;OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; SANTOS, P. J. ; COSTA, L. M. B. **Diagnóstico da Morbidade e Mortalidade dos Casos de Leptospirose no Nordeste Brasileiro entre 2000 a 2015.** Enciclopédia Biosfera, v. 15, p. 107-118, 2018.

SEGURADO, A. C.; CASSENOTE, A. J.; LUNA, E. A. **Saúde nas Metrôpoles-Doenças infecciosas.** Estudos Avançados, v.30, n.1, p. 86, 2016.

BALANÇO HIDRICO EM GOIÁS: UM ESTUDO NOS MUNICÍPIOS DE JATAÍ, ITUMBIARA E POSSE

Bruno Jefferson Soares de Oliveira¹; Igor Silva Ferreira Vilela¹; Guilherme Victor Andrade Assis¹; Maria José Rodrigues¹; Hildeu Ferreira da Assunção¹
Autor para correspondência: jefbrunojeffersoms.o@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás Regional Jataí

RESUMO

RESUMO A compreensão dos estudos referentes ao balanço hídrico climatológico assume uma importância ainda maior ao relacionar-se com as atividades exercidas pelo homem no meio. Portanto o objetivo do presente trabalho foi conhecer a relação entre o balanço hídrico com as atividades realizadas nos municípios em estudo, somados a própria geografia local. As áreas de estudo foram os municípios de Posse, Jataí e Itumbiara que possuem relevo plano e levemente ondulado, que influencia diretamente no armazenamento de água no solo o que facilita para que tenham condições de manter uma agricultura estável e pecuária. Concluímos, portanto, que em relação a localização, assim como a própria geografia dos municípios, há um favorecimento para o clima e logo para as atividades exercidas naquele meio.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço Hídrico;; Consumo de água;; Solo.

HYDRICAL BALANCE IN GOIÁS: A STUDY IN THE MUNICIPALITIES OF JATAÍ, ITUMBIARA AND POSSE

ABSTRACT

ABSTRACT

The understanding of the studies related to the climatic water balance assumes an even greater importance when dealing with the activities carried out by the man in the environment. Therefore, the objective of this work was to know the relationship between the climate and the anthropic actions added to the local geography itself. The study areas were the municipalities of Posse, Jataí and Itumbiara that have flat and slightly undulating relief, which directly influences the storage of water in the soil, which facilitates them to be able to maintain a stable agriculture and livestock. We conclude, therefore, that in relation to the location, as well as the geography of the municipalities, there is a favor for the climate and soon for the activities carried out in that environment.

KEY-WORDS: Hydric balance;; Water consumption;; Ground.

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A compreensão dos estudos referentes ao balanço hídrico climatológico assume uma importância ainda maior ao relacionar-se com as atividades exercidas pelo homem no meio, a exemplo da agricultura que se apresenta influenciada por variáveis como o clima, o solo, a vegetação, entre outros.

Caracteriza-se balanço hídrico como um sistema contábil de monitoramento da água no solo (TUCCI, 1993) que resulta da aplicação do princípio da conservação de massa para a água em volume de solo (PEREIRA et al., 1997). Permite observar a dinâmica da água no solo a partir do armazenamento, deficiência e excedentes hídricos (THORNTHWAITE, 1946; THORNTHWAITE, 1948; CAMARGO & CAMARGO, 2000).

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da disponibilidade hídrica permite estabelecer diretrizes para a implementação de políticas de gestão deste recurso (HORIKOSHI; FISCH, 2007; SANTOS et al., 2010).

Segundo Pereira et al. (2002), o balanço hídrico evidencia as variações sazonais dos excedentes e deficiências hídricas através de relações entre as entradas e saídas de água de uma condição de controle, principalmente precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP). Tal definição auxilia na concepção dos dados a partir da área de estudo, devido a suas variações climáticas ao longo do ano, e dos próprios fatores geográficos do Estado de Goiás.

OBJETIVOS DO TRABALHO

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo do presente trabalho foi conhecer a relação entre o balanço hídrico com as atividades realizadas nos municípios em estudo, apresentando a grande importância que este representa, somados a própria geografia local.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O município de Itumbiara está localizado na microrregião de Meia Ponte, localizada na porção Sul do Estado. Possui como fonte de economia a agricultura, mas a indústria tem ganhado força (ARRAIS.2002). Para realização do mapeamento de localização dos municípios, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.6® adquirido pela Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, para o laboratório de Geoinformação.

O município de Jataí está localizado na microrregião do Sudoeste de Goiás, e tem como uma de suas principais economias o agronegócio.

O município de Posse é formado de duas zonas distintas, nitidamente separadas pela serra do Paranã. Está localizado na mesorregião Nordeste de Goiás, microrregião Nordeste Goiano. Os municípios estão localizados conforme a figura 1:

Figura 1: Localização dos Municípios:

Os tipos de solos presentes no Estado de Goiás, são vários, porém o que mais se apresenta em várias regiões do Estado é o latossolo, inclusive é o tipo de solo que é predominante nos municípios de Itumbiara e Jataí, já no município de Posse tem como predominância solos arenosos. Conforme a figura 2:

Figura 2: Representa os tipos de solo presente no Estado de Goiás.2017.

Itumbiara, segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), as características do clima de são tropicais. Sendo que chove muito menos no inverno do que no verão. Segundo a Köppen e Geiger o clima é classificado como Aw.

Já no município de Jataí, segundo o INMET, o clima é tropical, segundo a Köppen e Geiger o clima é classificado como Aw, e chove muito menos no inverno do que no verão.

O clima de Posse é tropical. Chove muito mais no verão que no inverno. O clima é classificado como Aw segundo a Köppen e Geiger.

O balanço hídrico climatológico, descrito por THORNTHWAITE & MATHER (1955), é uma das diversas maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo. Partindo-se do suprimento natural de água no solo, simbolizado pelas chuvas (P), e da demanda atmosférica, simbolizada pela Evapotranspiração potencial (EP), e com uma CAD apropriada ao tipo de planta cultivada (no caso o CAD= 100), o balanço hídrico climatológico, fornece estimativas da Evapotranspiração real (ER), da deficiência (DEF), do excedente (EXC), e o armazenamento de água no solo (ARM), tanto na escala diária como mensal. (ASSUNÇÃO, Hildeu. 2000; p 92.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Os municípios de Itumbiara e Jataí possuem relevo plano e levemente ondulado, assim como o município de Posse, além de terem a presença do bioma de Cerrado, o que facilita para que tenham condições de manter uma agricultura estável e pecuária.

Os municípios de Itumbiara e Jataí possuem um índice pluviométrico positivo durante quase todo o ano, em que somado ao solo argiloso presente na região e que apresenta boa drenagem, dá a possibilidade de uma produção bem diversificada. Essas condições somadas são excelentes para a produção de soja, milho e cana-de-açúcar. Permitindo que culturas como soja e milho, tenham no mínimo duas produções por ano. Já o município de Posse tem forte presença de solo arenoso e forte influência da pecuária.

Dessa forma, é importante destacar que por se localizarem mais no interior do país, estas sofrem influência do processo de continentalidade, que contribui não apenas para a grande variação da temperatura ao longo do ano, mas também atua como fator preponderante para o regime de chuvas (Gráficos 01 e 03), que consequentemente irá influenciar no Déficit e Excedente hídrico, e na Evapotranspiração Real como observado nos Gráficos 02 e 04 a seguir:

GRÁFICO 1: Temp. e Prec. – Itumbiara.

GRÁFICO 02: Def, Exc Er – Itumbiara.

GRÁFICO 03: Temp. e Prec. – Jataí.

GRÁFICO 04: Def, Exc Er – Jataí.

GRÁFICO 05: Def, Exc Er – Posse.

GRÁFICO 06: Temp. e Prec. – Posse.

Comparando os dados apresentados dos dois municípios com os aspectos mencionados anteriormente, é possível identificar que em Itumbiara a temperatura se mantém mais elevada no período de outono e inverno em relação a Jataí, que por sua vez irá apresentar uma precipitação um pouco mais elevada durante essas estações se comparado o município anterior. Posse apresenta um índice de precipitação inferior aos dois municípios anteriores, e temperatura semelhante ao município de Itumbiara, demonstrando que estas podem apresentar uma diferente produção entre si nessa época, tendo ciência de que determinadas culturas se favorecem em diferentes condições climáticas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Podemos concluir, que tanto em relação a localização, quanto a própria geografia dos municípios, há um favorecimento para o clima e como consequência, para as atividades exercidas naquele meio, que irá apresentar diferenças pluviométricas significativas, onde os municípios de Posse e Itumbiara deverão fazer maior utilização de pivôs no período da safrinha, devido a aspectos como a vegetação local e o processo de continentalidade exercido nas diferentes regiões.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Livro

ASSUNÇÃO, H. F. **Climatologia**. Pg1-159. 2000.

GOMES, S. **Ajuste e Avaliação de um Modelo de Balanço Hídrico Decendial e Estudo dos Limites de Sua Utilização em Algumas Localidades no Estado do Paraná**. P.1-120. 2005.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

TUCCI, C. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2º edição. Pg. 1-145. 1993.

Capítulo de livro

ARRAIS, T. P. A. **Goiás: novas regiões, ou novas formas de olhar velhas regiões**. 2002. Pg 1-25.

SILVA, G. **Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, Ituiutaba/Prata MG**. Pg1-21. 2011.

Artigo em revista acadêmica

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. **Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 32-46, jul./dez. 2007.

THORNTHWAITE, C. W. 1948. **An approach toward a rational classification of climate**. Geography Review, New York, v.38, n.1, p.55-94, jan. 1948.

Artigo em site institucional

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>

<http://www.sieg.go.gov.br/siegmapas/mapa.php>

<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/posse-43203/>

A INFLUÊNCIA DOS VERANICOS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA PARA O MUNICÍPIO DE PALMEIRAS DE GOIÁS

Anderlório Borges de Souza júnior¹; Felipe Cruz Ferreira²; Diego Simões Fernandes¹; Wilber Pereira Machado¹; Luana Meneses de Moura¹
Autor para correspondência: anderliriojunior2a@gmail.com

¹Discente de Graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás, Goiás.; ²Professor do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás, Goiás.

RESUMO

Veranico é um fenômeno meteorológico que consiste no aumento das amplitudes térmicas e seca no período chuvoso, esse fenômeno influencia diretamente na produtividade das culturas depende da sua intensidade, no caso da soja a água é fundamental em vários de seus estágios vegetativos. Para a análise das influências desses fenômenos foram utilizados dados da ANA (Agência Nacional de Águas), os dados usados foram do ano de 2003 a 2017 e dados do SIMEHGO de 2014 a 2017, os veranicos foram classificados em períodos de 3, 5 e 7 dias. A partir da análise desses dados e períodos de ocorrência comparados com os estágios da cultura da soja no município de Palmeiras de Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: Veranico; Estagio Vegetativo; Influência

THE INFLUENCE OF SUMMERS IN THE PRODUCTION OF SOYBEANS FOR THE MUNICIPALITY OF PALMEIRAS DE GOIÁS

ABSTRACT

Veranico as the etymology of the word already presents us and a small summer in the rainy season this meteorological phenomenon consists in the increase of the thermal and dry amplitudes, this phenomenon directly influences the productivity of the crops depending on their intensity, in the case of soy and water in several of its vegetative stages. For the analysis of the influences of these phenomena were used data from ANA (National Water Agency), the data used were from the year 2003 to 2017 and from SIMEHGO on the years between 2014 to 2017, the summer were classified in periods of 3, 5 and 7 days. From the analysis of these data and periods of occurrence compared with the stages of the soybean crop in the municipality of Palmeiras de Goiás.

KEY-WORDS: Veranico; Vegetative stage; Influence

INTRODUÇÃO

A região central do Brasil possui clima tropical com duas estações do ano bem definidas período das chuvas e período da seca. Grande parte da agricultura dependente diretamente do início das chuvas, principalmente as culturas anuais, o que significa que são plantadas e colhidas dentro do período das águas ou da estação chuvosa.

Como existe uma influência direta entre ambiente natural e as atividades que envolvem homem e natureza, passou a ser muito importante ter o conhecimento das condições climáticas, desde a disponibilidade dos elementos do clima no tempo e no espaço, até a variabilidade e quaisquer fenômenos associados. De modo geral o estudo do clima e do seu manejo é importante para melhorar a produção agrícola (Roldão, 2015).

Com os avanços na agricultura é imprescindível aderir a tecnologias de monitoramento do tempo para que seja previsto o momento ideal para a irrigação na época de plantio que consiste nos períodos chuvosos, se as lavouras forem culturas anuais onde existem influências diretas com a precipitação. Realizar esse monitoramento é de extrema importância na hora do plantio para se obter uma boa safra. Caso o produtor considerar as variáveis climatológicas, ele poderá fazer um plantio seguro.

Segundo Assad et al. (1993), os períodos de estiagem em plena época chuvosa são comuns no centro-oeste e também em toda zona intertropical. Essas interrupções da precipitação são denominadas veranicos, sendo classificadas em categorias: inapreciável (6 dias); fracos (7 e 8 dias); médios (9 a 12 dias); fortes (13 a 18 dias) e muito fortes (maior que 18 dias) (Assunção e Leitão Júnior, 2006). Quanto maior for o grau de frequência, intensidade, e tempo de duração menor vai ser a produtividade final.

Atualmente, a soja é uma das culturas mais cultivadas no estado de Goiás. Em 2014 ela liderou a pauta das exportações do país com 14% sobre o total exportado, com ingressos de mais de US\$ 31 bilhões de acordo com Dall´ (2016). Tudo isso devido à sua grande diversidade de uso na indústria e ao aumento quase que desenfreado da população mundial por alimentos.

A soja se adaptou e se tornou produtiva no estado de Goiás devido às condições topográficas favoráveis à mecanização e as variáveis climatológicas ideais para a cultura. Em geral, a precipitação média anual fica entre 1.200 e 1.800 mm. Ao contrário da temperatura, a precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), que é a estação chuvosa onde ocorrem desde o plantio até a colheita, pois, o uso da irrigação é inviável economicamente. Entretanto, há ocorrências de veranicos nesses meses, o que ocasiona o déficit hídrico nas plantas e compromete o seu desenvolvimento (ROLDÃO, 2015).

O período de floração da soja afeta diretamente o rendimento da planta, pois regula o crescimento vegetativo e reprodutivo. A falta de água durante este estágio causa à má formação dos ramos e folhas resultando em baixa produtividade dos grãos. De acordo com Berlatto e Fontana (1999), quanto mais a soja se desenvolver maior será a necessidade de água, alcançando o seu máximo na etapa de floração- enchimento de grãos, onde precisará de 7 a 8 mm/dia, após atingir o seu nível máximo a água irá diminuir de acordo com sua necessidade.

Neste contexto, o trabalho tem como objetivo analisar os dados da ANA (Agência Nacional de águas) em Palmeiras de Goiás, e a partir dos dados da precipitação contabilizar os veranicos com duração de 3, 5 e 7 dias, com chuvas abaixo de 3 mm no cultivo de soja, avaliando a importância da água nesse período, os danos que são causados a planta e de que forma afeta a produtividade final.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos deste trabalho foram de quantificar a ocorrência de veranicos e analisar as influências de sua ocorrência na cultura da soja no município de Palmeiras de Goiás, para o período de 2003 a 2017. Busca-se também relacionar de que maneira a ocorrência do veranico influencia a produtividade da cultura no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi realizado seguindo três métodos complementares para que se fosse encontrado um resultado satisfatório sobre a influência direta dos veranicos nas lavouras de soja, inicialmente foram utilizados os dados de precipitação disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas) do município de Palmeiras de Goiás que se encontra a 16° 48' 18" S 49° 55' 33" O no período de 10 anos (2003 – 2013), os dados de

precipitação utilizados no período de (2014 – 2017) foram dados disponibilizados pela estação meteorológica automática do SIMEHGO instalada no município de Palmeiras de Goiás os mesmos foram conferidos para aferirmos a sua confiabilidade. No caso de incidência de falhas nos dados, para o preenchimento dos meses de outubro a janeiro seriam preenchidas com o valor médio de precipitação dos outros anos naquele mesmo período.

A partir dos dados de precipitação foram contabilizados os veranicos com períodos de 3, 5 e 7 dias foram classificados como veranicos dias com precipitações abaixo de 3mm e duração igual ou superior a 3 dias no período chuvoso, assim como Minuzzi (2005). Após todas essas análises foram utilizados dados de produção disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no período das safras de 2003/2004 – 2016/2017.

Os métodos utilizados foram a observação dos dados de precipitação fornecidos pela ANA e SIMEHGO para se avaliar o período em que se começou a precipitar regularmente, foram contados os veranicos a partir do mês de outubro onde ocorre o início do período chuvoso.

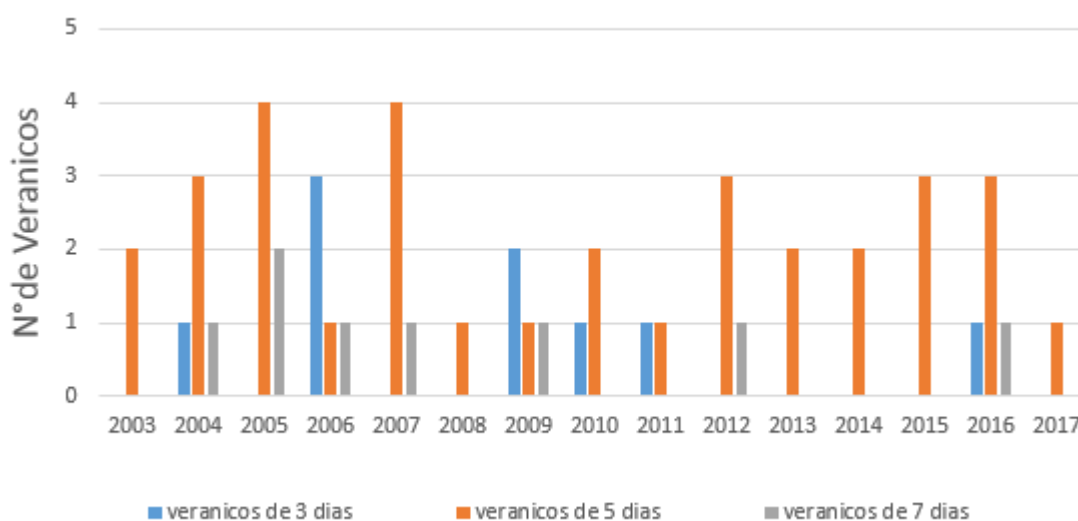
Após a identificação da ocorrência dos veranicos e sua incidência e comparamos em que período as plantas se encontram a partir disso avaliamos a importância da água para a cultura e aferimos os danos e consequentemente de que forma isso afetou a produtividade final do município se comparados a anos que ocorreram o fenômeno com menos incidência.

Os dados de produtividade de soja do município de Palmeiras de Goiás foram disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) das safras de 2003/2004 a 2016/2017, a partir desses dados e dos dados da ocorrência de veranicos e foram analisadas as influências do veranico na produtividade.

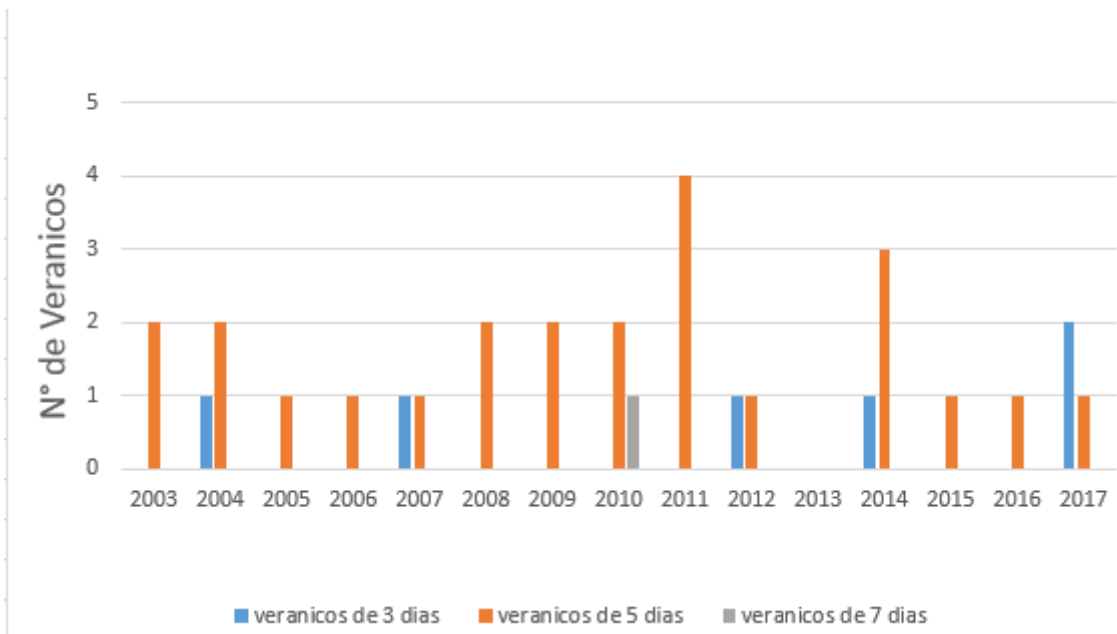
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como proposto na metodologia os veranicos foram classificados em períodos de 3,5 e 7 dias e separados por meses e anos de ocorrência e incidência no município no período da safra. Na Figura 1 tem-se as ocorrências de veranicos em Palmeiras de Goiás com ocorrência de veranicos de 3, 5 e 7 dias para o período de 2003 a 2017 para os meses de outubro a janeiro. A figura 2 traz a produtividade média Kg./ha de soja por safra em Palmeiras de Goiás.

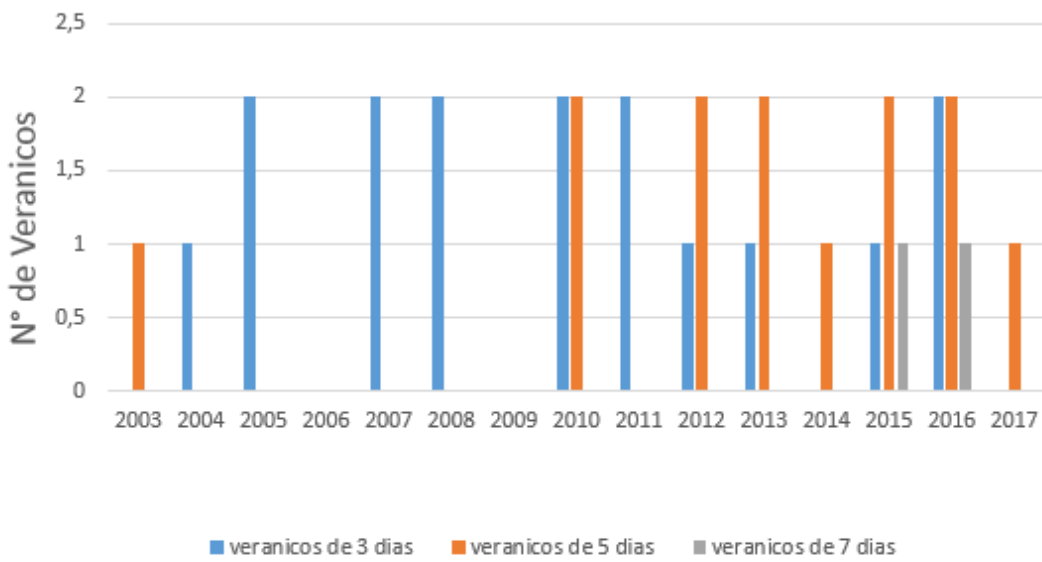
Figura 1: Número de ocorrência de veranicos de 3, 5 e 7 dias para o período de 2003 a 2017, para Palmeiras de Goiás. (a) outubro, (b) novembro, (c) dezembro e (d) janeiro.



(a)



(b)



(c)



(d)

Na **Figura 2** é ilustrado a produtividade média da cultura de soja em Kg/ha, levando em consideração a área plantada e a quantidade de kg/ha no município de Palmeiras de Goiás do período de 2004- 2017.

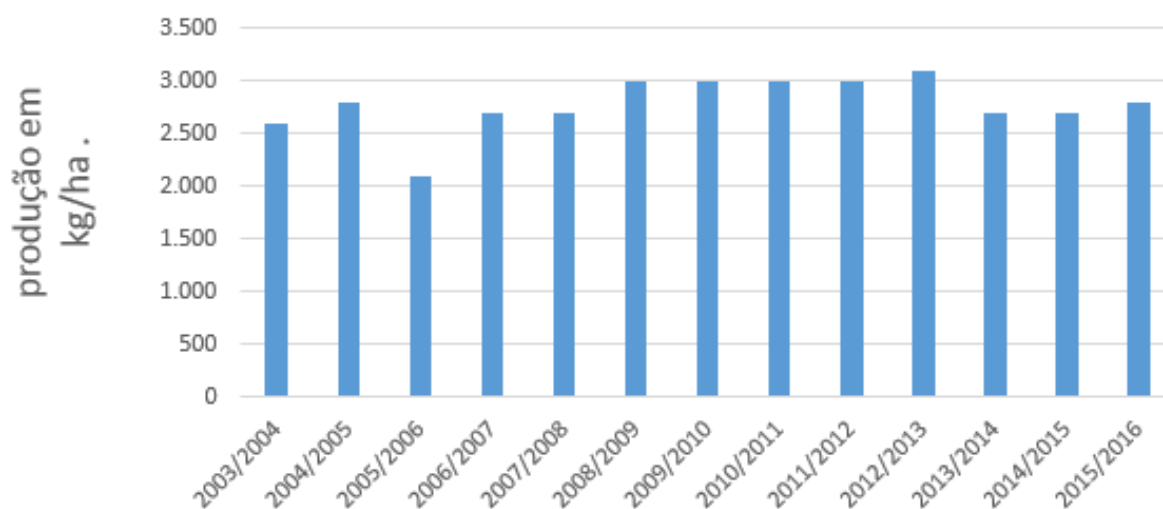


Figura 2.

Nos gráficos da figura 1 elaborados a partir de dados fornecidos pelo SIMEHGO e ANA é possível se ter uma noção bem clara da quantidade de ocorrência do fenômeno veranico mensalmente no período de safras dos anos analisados no município de Palmeiras de Goiás e com isso percebe-se que esse fenômeno não muito raramente ocorre de forma intensa e acarreta prejuízos ao produtor.

Por meio da análise dos dados, figura 2, é possível observar a influência direta do fenômeno veranico na cultura da soja para o município. O IBGE atribui uma produção média de soja em 2800kg/ha pelo município de Palmeiras de Goiás. Como pode ser observado na figura 2. as safras de 2003/2004, 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008 não alcançaram a média de produtividade anual pois sofreram com a ocorrência de veranicos de forma mais intensa no período de plantio figura 1. (a) onde a semente está durante o período da germinação. A semente de soja necessita absorver água no volume correspondente a 50% de seu peso para iniciar o processo de germinação (LOPES, 2013).

Apesar da ocorrência do fenômeno em praticamente todos os meses de dezembro, figura 1c, notou-se que não houve uma queda na produtividade se comparados a safras que não passaram por esse fenômeno no mesmo período, visto que também a soja precoce de 120 dias plantada na região está na fase de floração nesse período. Se a lavoura foi plantada mais cedo, mas dentro do período recomendado, ela tende a ter uma estatura menor mais um sistema radicular mais desenvolvido mais profundo, aumentando assim a sua tolerância a seca (PITOL E BROCH, 2019).

Segundo o IBGE Palmeiras de Goiás produz em média cerca de 2800Kg/ ha anualmente de soja, através desses dados foram feitas comparações com os dados do mesmo em anos que passaram por altos índices de veranicos no período de safra e foi visto que a safra 2005/2006 sofreu com o fenômeno e produziu 2100kg/há, através das comparações chegou-se a um valor de perda em torno de 25% por safra.

A safra 2015/2016 figura 2. observou-se que a mesma sofreu com veranicos no seu período de enchimento de vagem no final do mês de dezembro e início de janeiro figura 1(c) e (d), essa estiagem prejudicou a safra, trazendo valores de produção menores, figura 2. Por isso o produtor deve estar alerta ao fenômeno e fazer um manejo adequado nesses casos como a implantação de um sistema de irrigação de emergência.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Por meio dos resultados foi possível observar a discrepância de produtividade se comparados anos com altos índices do fenômeno veranico com anos que sofreram pouco com o fenômeno. Após a comparação da ocorrência de veranicos e variação da produtividade, verificou-se que fenômeno pode influenciar as lavouras de soja do município de Palmeiras de Goiás de forma negativa. Pode-se inferir que o estresse hídrico causado por longas estiagem, puderam afetar diretamente a cultura da soja, visto que é uma cultura que necessita de chuvas bem distribuídas ao longo do seu ciclo, e a má distribuição dessas chuvas podem atrapalhar no desenvolvimento da planta em todos os seus estágios vegetativos e afetar a sua produtividade.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço ao Laboratório de Agrometeorologia e Análises Climáticas (LAAC) da Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Palmeiras de Goiás que apoiou e forneceu toda a estrutura necessária para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGNOL, D.A. A Embrapa soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil; histórico e contribuições. Brasília, DF. Embrapa: 2016

ASSAD, E.D; SANO, E.E. MASUTOMO, R; CASTRO, L.H. R; SILVA, F.A.M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: Frequência e probabilidade de ocorrência. Pesquisa Agropecuária. Brasília, v.28, n.9, 1993, p.993-1003.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.

GALLON, Janice F. et al. Irrigação por gotejamento uso da água com tecnologia para a produção. I Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas de Agronegócio. 2015. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/eventos/i-simposio-internacional-de-inovacao-em-cadeias-produtivas-de-agronegocio/>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

LOPES, Alessandra Lomelino Campos. Cultivo e manejo da soja. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/ CETEC, 30/10/2013.

Produção Agrícola - Lavoura Temporária: Palmeiras de Goiás. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/palmeiras-de-goias/pesquisa/14/10193?ano=2017>>. Acesso em: 01 de mar. 2019.

ROLDÃO, Aline de Freitas. Influência do fenômeno veranico na produtividade da soja na mesorregião do triângulo mineiro/alto Paranaíba – MG. Uberlândia: Instituto de Geografia/ UFU, 2015.

Soja mais Produtiva e Tolerante à Seca. PITOL, Carlos; BROCH, Dirceu Luiz. Mato Grosso do Sul: FUNDAÇÃO MS, 2008/2009. p.60, cap.06. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B257C9FAF-11EC-4A80-B852-9F8FC501F74D%7D_06_soja_mais_produtiva_e_tolerante_a_seca.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

ÍNDICE DE ANOMALIA E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS NO ESTADO DO TOCANTINS

Fabício Teixeira Alves¹; Vanderlei de Oliveira Ferreira¹
Autor para correspondência: fabricioalves365@gmail.com

¹Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

O estado do Tocantins é um relevante produtor de commodities agrícolas, além de estar localizado em uma das mais importantes bacias hidrográficas do Brasil (Tocantins-Araguaia), sendo de grande importância o mapeamento da sazonalidade e distribuição das chuvas nesse estado. O presente artigo descreve resumidamente resultados de pesquisa dedicada a analisar a variação da intensidade da sazonalidade das chuvas no Tocantins, recorrendo-se ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC) proposto por Rooy (1965). Também foi feito um estudo sobre a distribuição espaço-temporal da precipitação por meio da aplicação de ferramentas geoestatísticas e de sensoriamento remoto (técnicas de interpolação). Constatou-se que durante a estação chuvosa a precipitação se concentra inicialmente no oeste, deslocando-se também para o norte do estado nos meses de verão e outono. O IAC indica para os meses de janeiro, maio, julho e outubro, tomados enquanto representativos de cada uma das estações do ano, cerca de 4% de anos extremamente chuvosos, 8% de anos muito chuvosos, 28% de anos chuvosos, 3% de anos que não sofreram anomalia, 52% de anos secos e 8% de anos muito secos. Durante a série histórica não se verificou nenhum ano com IAC extremamente seco.

PALAVRAS-CHAVE: anomalias pluviométricas; sazonalidade; chuvas

ANOMALY INDEX AND SPACE-TEMPORAL DISTRIBUTION OF RAINS IN THE STATE OF TOCANTINS

ABSTRACT

The state of Tocantins is a major producer of agricultural commodities, in addition to being located in one of the most important hydrographic basins in Brazil (Tocantins-Araguaia), being of great importance the mapping of seasonality and distribution of rainfall in this state. The present article describes briefly the results of research dedicated to analyze the variation of the seasonality of rainfall in Tocantins, using the Rainfall Anomaly Index (IAC) proposed by Rooy (1965). A study was also made on the spatial and temporal distribution of precipitation through the application of geostatistical and remote sensing tools (interpolation techniques). It was found that during the rainy season precipitation is initially concentrated in the west, moving also to the north of the state in the summer and autumn months. The IAC indicates, for January, May, July and October, taken as representative of each of the seasons, about 4% of extremely rainy years, 8% of very rainy years, 28% of rainy years, 3% of years that did not suffer anomaly, 52% of dry years and 8% of very dry years. During the historical series there was no year with extremely dry IAC.

KEY-WORDS: Rainfall Anomaly; seasonality; Rain

INTRODUÇÃO

O estado do Tocantins é localizado na região norte do Brasil sendo um dos sete estados que a compõem, fazendo divisa com estados como Goiás, Maranhão e o Pará. O estado se encontra inserido na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Esta bacia, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), ocupa cerca de 10,8% do território brasileiro, abrangendo seis estados: Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Distrito Federal.

A população total é de aproximadamente 1,4 milhões de pessoas que se encontram distribuídas em uma extensão territorial de 277. 720,412 km². O estado possui 139 municípios e uma densidade populacional de 4,98 hab/km² (IBGE, 2010). Seu território ocupa dois biomas, sendo predominante o Cerrado com 91% do território, e os outros 9% restantes encontram no domínio da Amazônia.

Apesar de se encontrar na região Norte do Brasil o estado do Tocantins possui clima, vegetação e relevo que são característicos da região Centro-Oeste do país. Como o bioma predominante é o Cerrado, as condições climáticas que prevalecem são as tipicamente tropicais. O clima presente na região, segundo (Cavalcanti... [et al.], 2009), apresenta característica sazonal com verão chuvoso e inverno seco em que as chuvas se concentram principalmente nos meses de Outubro a Março, ocorrendo uma queda significativa da precipitação de Maio a Setembro. O acumulado mensal de chuvas pode passar de 200 mm na estação chuvosa. Segundo Köppen (1948) um clima tropical sazonal que apresenta inverno seco é caracterizado como Aw em que o “A” representa o clima tropical úmido e o “w” com inverno seco. A temperatura média do estado é de 22,7°C, com uma pluviosidade anual média de 1303 mm.

A vegetação no estado do Tocantins como citada acima possui dois biomas predominantes, porém, as vegetações do Cerrado e da Amazônia e acordo com a descrição da vegetação feita por Veloso (1991) a vegetação do Cerrado e da Amazônia no estado do Tocantins possui diversas subdivisões, porém dentre elas existem algumas que se sobressaem sobre o mapa do Tocantins, sendo elas:

Região de Floresta Ombrófila: este tipo de vegetação pode ser densa ou aberta, sendo conhecida também como floresta pluvial tropical devido a grande pluviosidade ao decorrer do ano, este tipo de floresta ocorre principalmente na parte norte do estado, com arvores de grande porte (macrofanerófitos) com até cerca de 50 metros de altura na parte de floresta ombrófila densa. A designada floresta ombrófila aberta é considerada uma área de transição entre a floresta amazônica e as savanas do cerrado em que o fito volume vai diminuindo por consequência.

Região da Floresta Estacional: Sendo dividida em sem decidual e decidual a primeira segundo a Embrapa apresenta dois tipos de sazonalidade “O conceito ecológico desse tipo de vegetação está associado a dois tipos de sazonalidade climática: uma tropical com chuvas intensas, seguida de estiagem acentuada e outra subtropical, sem período seco marcado”. Já a decidual é marcada por duas estações bem definidas com uma chuvosa seguida de um longo período de inverno seco. Sua vegetação é predominantemente caducifólia.

Região de Savana (Cerrado): Marcada por um estrato herbáceo e predominante em clima estacional com cerca de 6 meses secos esta região ocorre em quase todo o estado e exerce uma função importante com o fogo já que a sua dinâmica orienta na manutenção e expansão deste tipo de vegetação. A espacialização dessas subdivisões se encontra na Figura 1.

O objetivo principal deste trabalho se dá pela análise da variação espacial e sazonal da precipitação pluviométrica no estado do Tocantins. Para tal fim foi utilizado o IAC (índice de anomalia de chuva). Os dados pluviométricos são originários das estações pluviométricas integradas ao Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), como pode ser observado no mapa da figura 2.

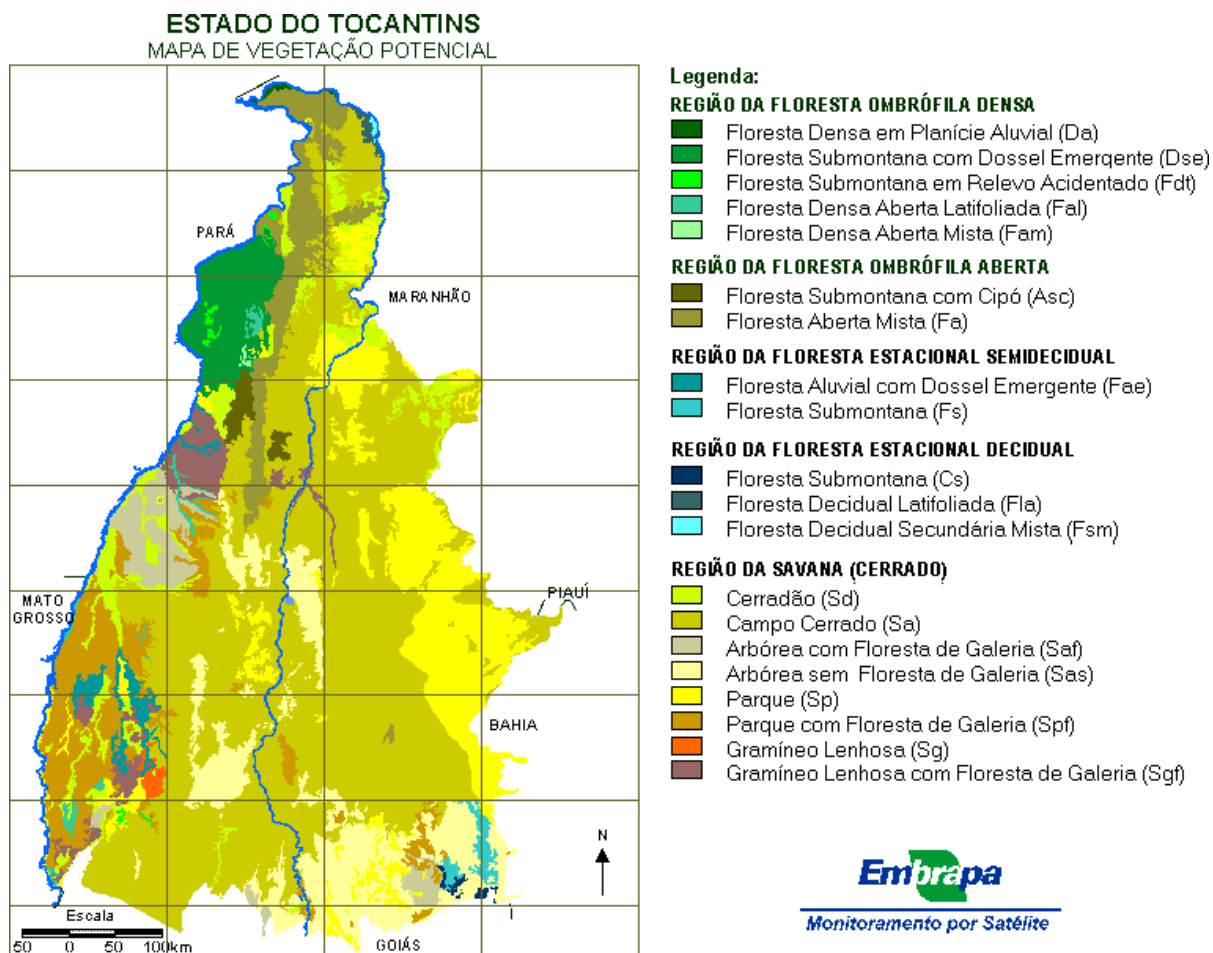


Figura 1: Mapa de Vegetação do estado do Tocantins

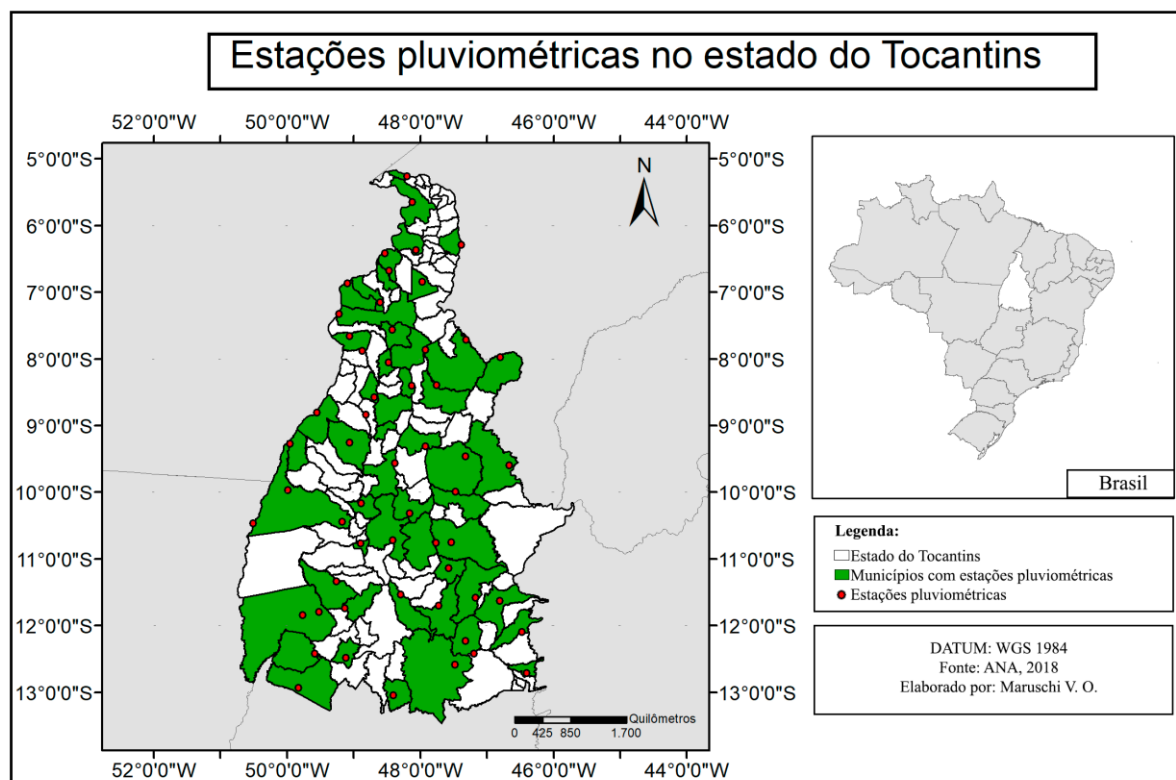


Figura 2: Estações pluviométricas no estado do Tocantins

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar a variação espacial e sazonal da precipitação pluviométrica no estado do Tocantins, utilizando o IAC (Índice de Anomalia de Chuva).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados referem-se às médias mensais e anuais das precipitações pluviométricas de um período de 30 anos (1985-2016). Foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb, da Agência Nacional das Águas (ANA).

Os dados obtidos em 56 estações pluviométricas representam série histórica de 30 anos, optando-se por aqueles com maior sequência de dados ininterruptos. E seguida, foi feita a tabulação calculada a média mensal de todos os anos em uma única tabela. De posse dos dados das estações pluviométricas o próximo passo foi o cálculo do IAC (Índice de Anomalia de Chuva) para o traçado dos gráficos da intensidade de chuvas nos períodos secos e úmidos no estado, a partir da escolha dos meses mais representativos da situação observada.

Utilizando a média, o índice de anomalia de chuva analisa a intensidade dos períodos secos e úmidos. Foi utilizado no presente trabalho o IAC desenvolvido por Rooy (1965) que apresenta duas equações gerais, em que uma é utilizada para os períodos de anomalia positiva (1) e outra para as anomalias negativas (2).

$$IAC = 3(N - Z)/(X - Z) \quad \text{Eq. (82)}$$

$$IAC = 3(N - Z)/(M - Z) \quad \text{Eq. (83)}$$

N é dado pela precipitação mensal atual em (mm.mês⁻¹); o Z representa a precipitação média mensal da série histórica (mm.mês⁻¹); A média das dez maiores precipitações (mm.mês⁻¹) da série histórica é posta na formula pela variante M ; já o X é a média das dez menores precipitações (mm.mês⁻¹). O quadro1 demonstra a relação da intensidade dos períodos secos e úmidos no IAC.

Quadro 1: Nível de pluviosidade segundo o IAC.

Índice de Anomalia de Chuva	Classificação da Pluviosidade
$X \geq 4$	Extremamente Chuvoso
$X \geq 2$ e $X < 4$	Muito Chuvoso
$X > 0$ e $X < 2$	Chuvoso
$X = 0$	Sem anomalia
$X < 0$ e $X > -2$	Seco
$X \leq -2$ e $X > -4$	Muito Seco
$X \leq -4$	Extremamente Seco

Fonte: MARCUZZO, F.; MELO, D.; COSTA, H. (2012, p. 79)

De posse dos dados das estações pluviométricas é feita a tabulação dos mesmos, o tratamento estatístico e a confecção dos gráficos foram feitas no Microsoft Excel. Para elaboração dos mapas, foram adotadas técnicas de interpolação. E para a confecção dos mesmos foi utilizado o software *Arcgis* (traçado de isoietas). Foram escolhidos os mapas e os gráficos dos meses que marcam a transição de uma estação do ano para a outra,

sendo os meses de Janeiro para o verão, Maio para o outono, Julho para o inverno e Outubro para a primavera.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras que representam a distribuição espacial das chuvas foram feitas utilizando o software Arcgis através do modo default da interpolação proposto pelo modelo de krigagem. A krigagem oferece uma precisão de interpolação melhor que outros modos como o IDW. Durante o verão ocorre o período característico de chuva da região. Conforme já mencionado, o bioma Cerrado possui, predominantemente, duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. A estação chuvosa ocorre no estado durante a Primavera e Verão. Durante a série histórica o mês de Janeiro foi o mais chuvoso. A precipitação neste mês teve máxima de 362 mm e foi concentrada na região central do Tocantins, como é demonstrado na Figura 3.

O mês de Maio (Figura 4) apresenta uma queda brusca na precipitação em relação ao seu mês anterior, marcando assim o fim da estação chuvosa e dando início à estação seca, que tem seu auge durante o inverno. É possível perceber como durante o período do inverno a precipitação decai bruscamente. No mês de Maio, ainda no outono, a precipitação máxima é de 110 mm.

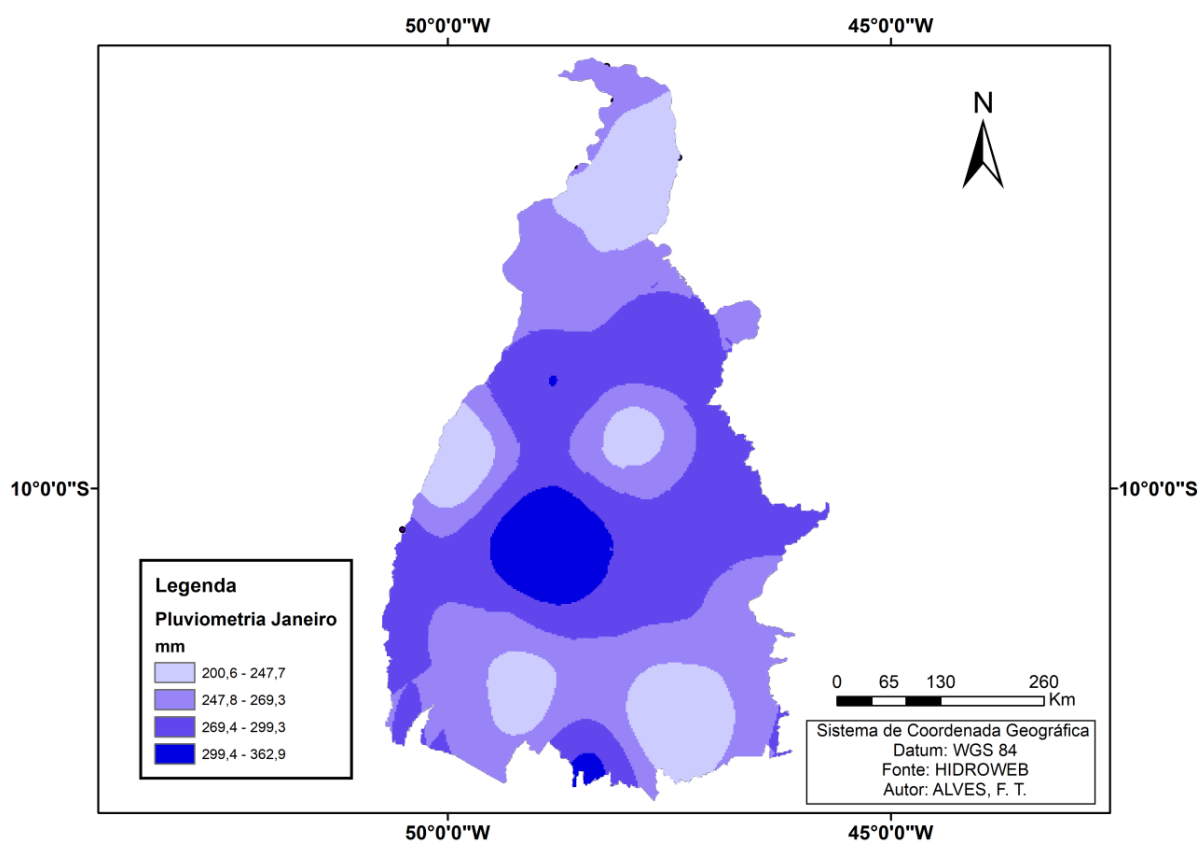


Figura 3: Precipitação em Janeiro no estado do Tocantins

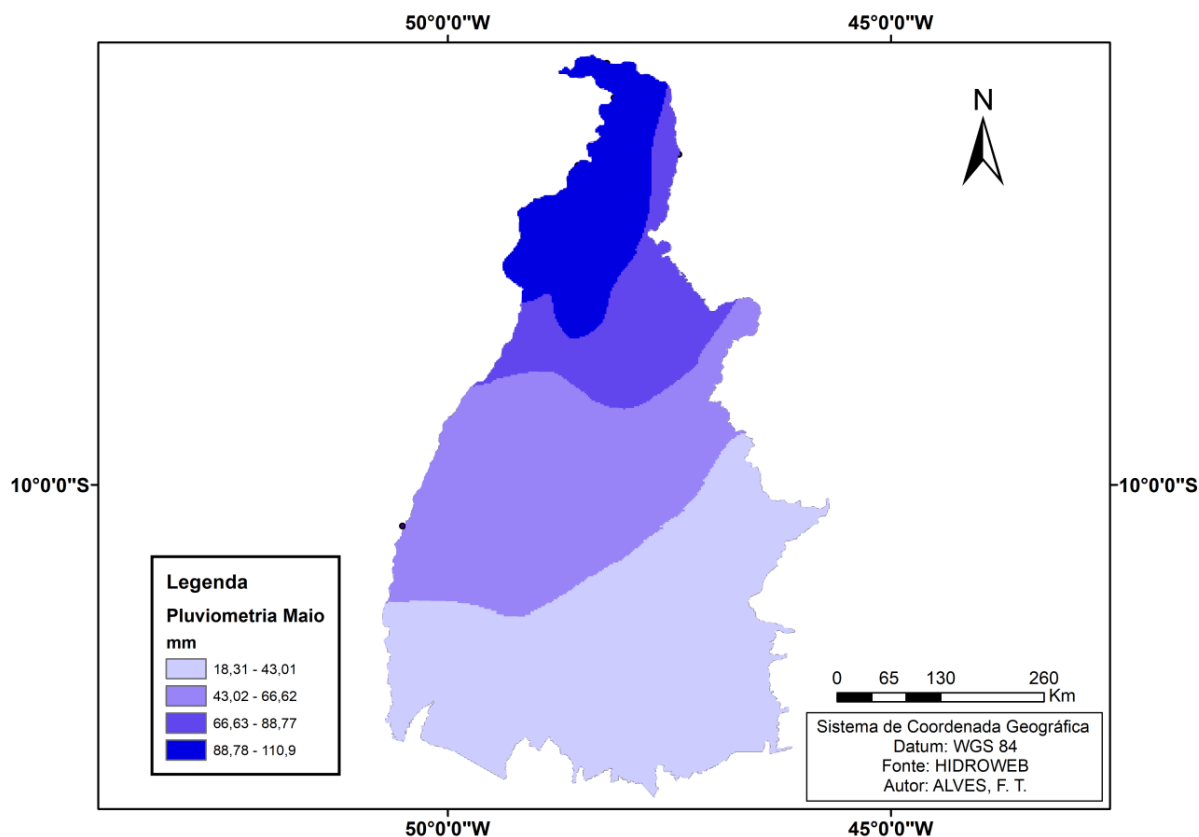


Figura 4: Precipitação em Maio no estado do Tocantins

Nos meses que marcam a estação do inverno podemos observar a diminuição significativa da precipitação. No mês de Julho (Figura 5), juntamente com os demais meses de inverno, observa-se as menores precipitações da série histórica, isso devido ao caráter do clima predominante na região que têm por característica um inverno seco. É possível também observar a concentração da precipitação na parte norte do estado do Tocantins em que se encontra o bioma Amazônico. Mesmo sendo pouca, a precipitação chegam a 21mm, significativamente maiores que para as verificadas nas porções sul e centro que são predominantemente bioma Cerrado e diminuem a ponto de quase não ocorrer precipitação, com mínimas de 0.1 mm.

Nos meses que marcam a primavera e a entrada do verão nota-se o aumento da precipitação a partir do mês de Outubro, conforme demonstrado na Figura 6. Pode-se notar um aumento na precipitação com relação, dando início à estação chuvosa do Tocantins. Há, portanto, crescimento das médias pluviométricas, que ainda não se comparam com os meses de verão como Janeiro, mas são superiores aos da estação seca.

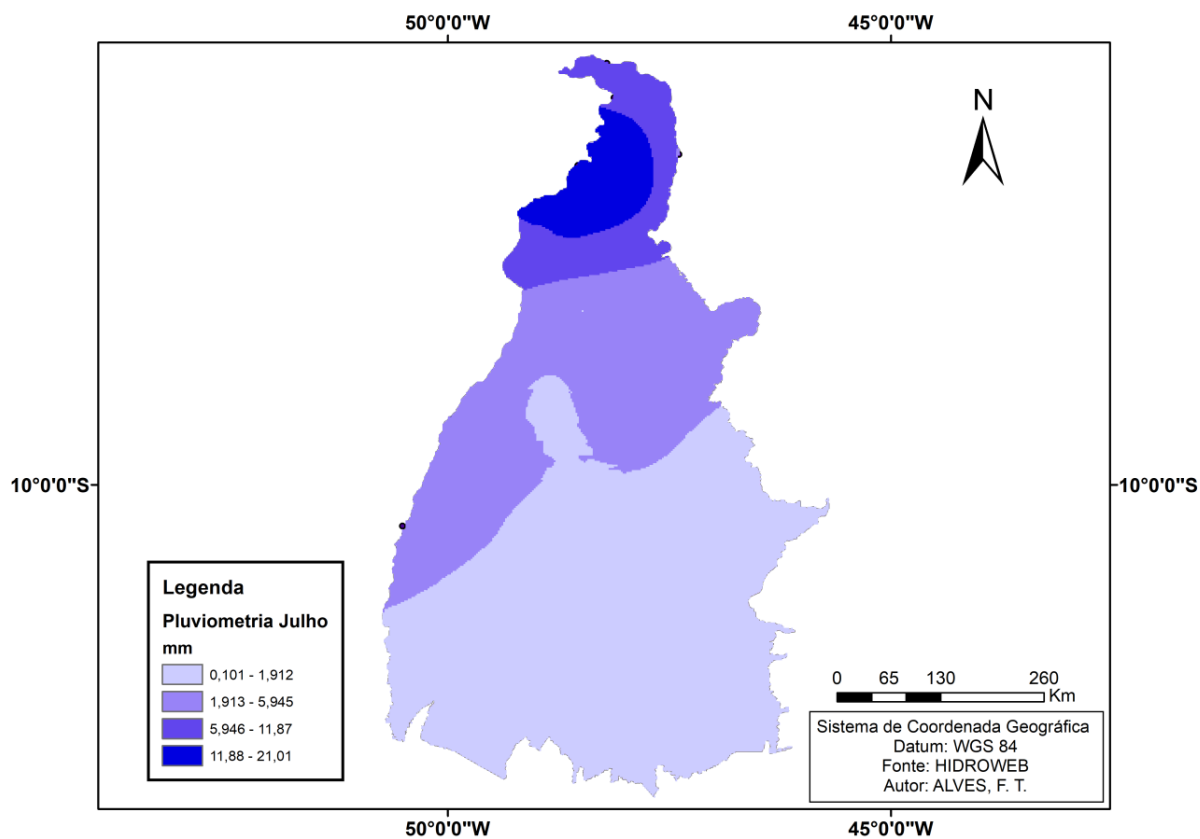


Figura 5: Precipitação em Julho no estado do Tocantins.

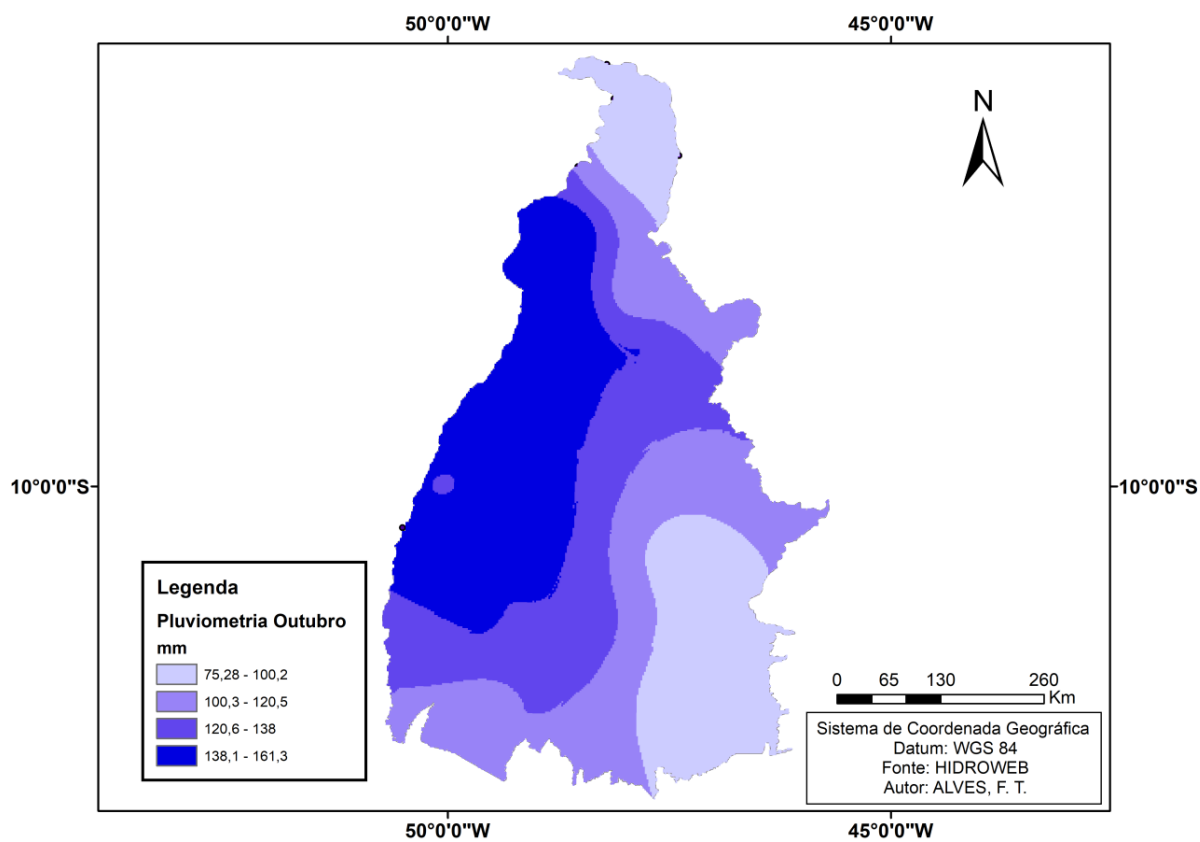


Figura 6: Precipitação em Outubro no estado do Tocantins.

ANALISE DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA – IAC

Ao analisar os dados das 56 estações pluviométricas distribuídas no estado do Tocantins em uma série histórica de 30 anos chegou-se aos seguintes Índices de Anomalia de Chuvas. O mês de Janeiro (Figura 7) apresentou dois anos extremamente chuvosos, os anos de 1985 e 2004. Este mês não apresentou nenhum ano sem anomalia, porém apresentou 3 anos muito chuvosos, 9 chuvosos, 11 anos secos e 5 anos muito secos.

Para o mês de Maio (Figura 8) temos o ano de 2009 com índice de anomalia extremamente chuvoso, seguido de 7 anos chuvosos e 1 ano muito chuvoso. Quanto às anomalias negativas temos dois anos muito secos e 17 anos secos. No mês de Julho (Figura 9) ocorreu a maior anomalia presente na série histórica, apresentando no ano de 1989 um impressionante número de 9 no IAC, sendo acompanhado de 1990 com 7,4, sendo assim os dois anos considerados extremamente chuvosos. Foram encontrados também dois anos muito chuvosos e para as anomalias negativas apenas anos secos. Outubro (Figura 10) foi um mês em que se registrou 3 anos muito chuvosos e 10 anos chuvosos, 3 anos muito secos e foi datado um ano sem anomalia.

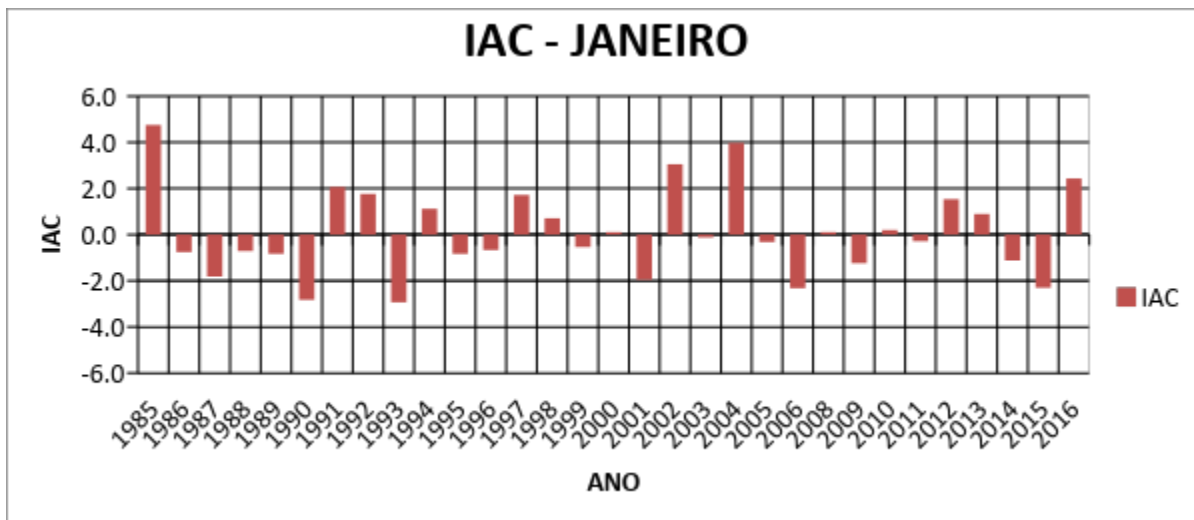


Figura 7: IAC de Janeiro no estado do Tocantins.

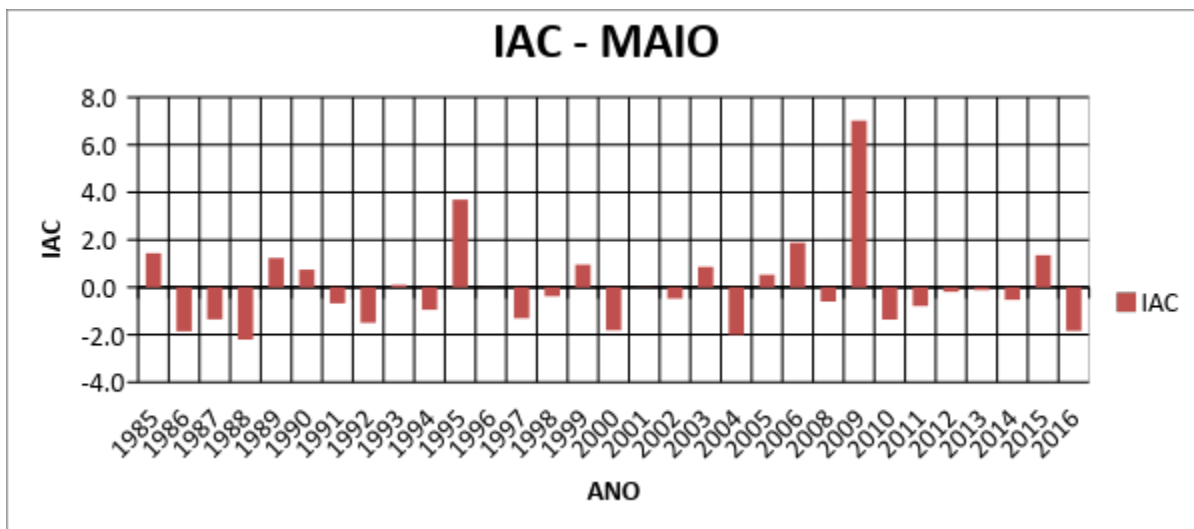


Figura 8: IAC de Maio no estado do Tocantins.

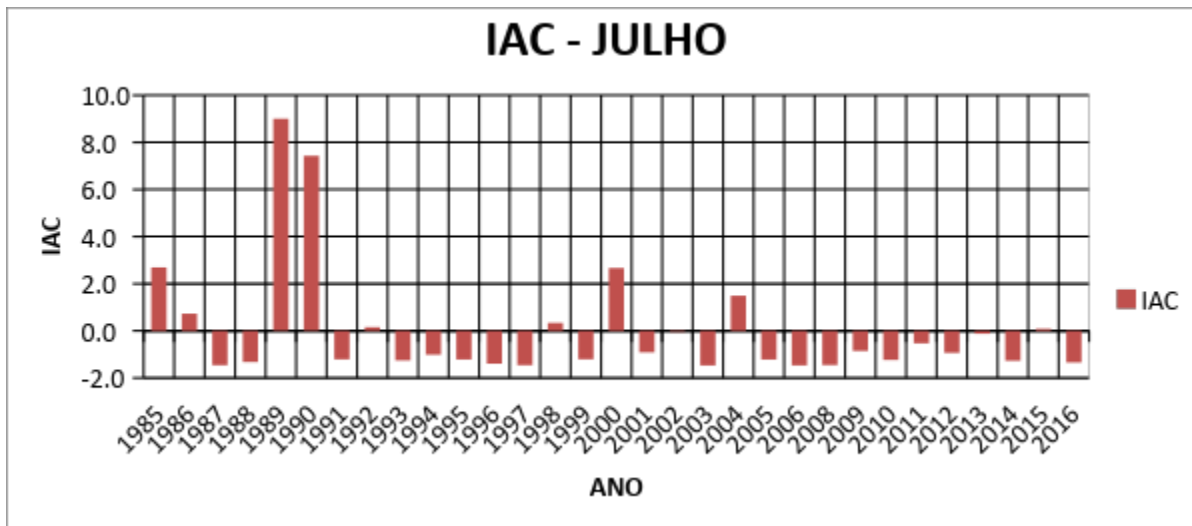


Figura 9: IAC de Julho no estado do Tocantins

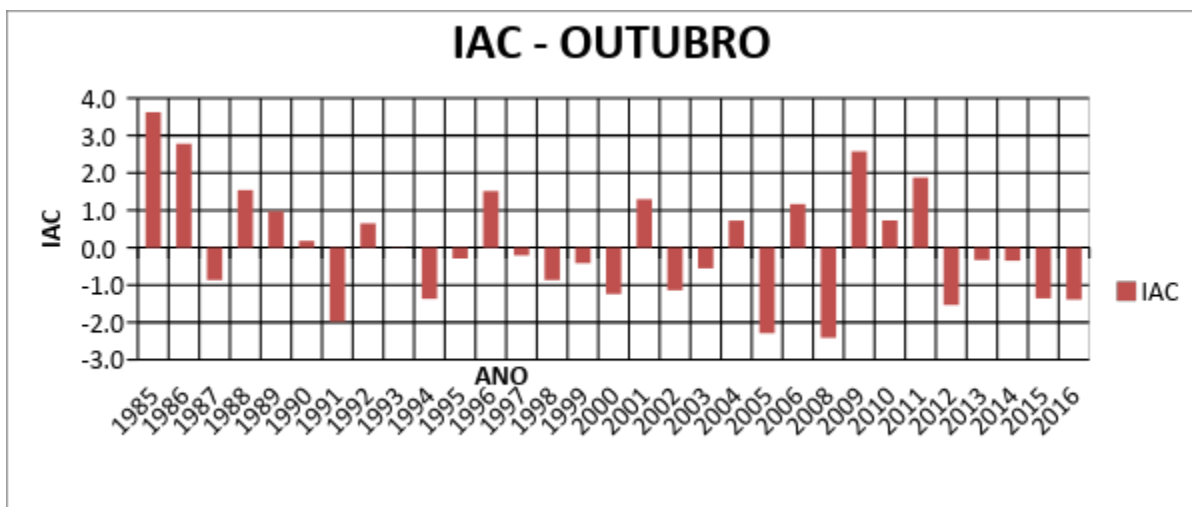


Figura 10: IAC de Outubro no estado do Tocantins

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Para o estado do Tocantins constatou-se que a precipitação se concentrou majoritariamente no Centro e Norte do estado para os meses de Primavera-verão. No outono há um deslocamento para norte.

De acordo com a análise do IAC para os meses de Janeiro, Maio, Julho e Outubro têm-se 4% de anos extremamente chuvosos, 8% de anos muito chuvosos, 28% de anos chuvosos, 3% de anos que não sofreram anomalia, 52% de anos secos e 8% de anos muito secos. Nota-se que durante a série histórica não se verificou nenhum ano com IAC extremamente seco.

Utilizando o IAC para esses mesmos meses, durante a série histórica de 1985 – 2016 foram encontrados 5 meses extremamente chuvosos, 9 meses muito chuvosos e 33 meses chuvosos. Nas anomalias negativas encontrou-se 1 mês sem anomalia, 10 meses muito secos, e 62 meses secos. Com isso podemos dizer, a partir dos dados obtidos através do IAC, que a série histórica é predominante de meses secos com precipitação abaixo da média. É possível ver o reflexo disso nas porcentagens acima colocadas em que 52% dos anos da série histórica se enquadram como anos secos

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo o apoio para à realização da pesquisa através da concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>> . Acesso em: 05 de Abril 2018.

Cavalcanti, I et al. *Tempo e Clima no Brasil*. Ed Oficina de Textos, 2009.

COUTINHO, L. M. O bioma do Cerrado, in: KLEIN, A. L. Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois. 2000.

DATA, Climate.org. *Clima: Amazônica*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/bolivia/pando/amazonica-998680/>>. Acesso em: 13 Ago. 2018.

DATA, Climate.org. *Clima: Tocantins*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/176027/>>. Acesso em Setembro de 2018.

EMBRAPA. *Zoneamento Agroecológico do estado do Tocantins*. Disponível em: <<http://www.zaeto.cnpm.embrapa.br/vege.html>>. Acesso em 16 Ago. 2018.

GRUPO DE TRABALHO DO BIOMA CERRADO, Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado, 2004. disponível em: <http://cerrado.brasil.cpac.embrapa.br/prog%20cerrado%20sustent.pdf>, Acesso em: 02 de Ago. de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. *Cidades*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em Setembro de 2017.

Ministério do Meio Ambiente. *Amazônia*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 13 Ago. 2018.

MARCUZZO, F.; MELO, D.; COSTA, H. (2012). Sazonalidade e Distribuição Espaço-Temporal das Chuvas no Bioma do Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. V.17. n.1, p. 77-86.

ROOY, M.P. VAN. A rainfall anomaly index independent of time and space, *Notos*, v.14, p.1-43, 1965.

SILVA, Luís Antônio G. C. *Biomias Presentes no estado do Tocantins*. Consultoria Legislativa. Brasília 2007.

ESPACIALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE VERANICOS EM GOIÁS NO PERÍODO DE 1975 A 2005

Felipe Cruz Ferreira¹; Diego Simões Fernandes²; Anderlório Borges de Souza Júnior³
Autor para correspondência: fezaogyn@gmail.com

¹UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS; ²UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS; ³UEG- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIAS

RESUMO

Eventos climáticos têm causado transtornos mundialmente, isso coloca o globo em alerta em questão de quebra de safras. No Brasil evento climático isolados tem gerado problemas com gastos elevados e preocupação em questão de irrigação ou não. Esse evento climático denominado veranico tem gerado uma serie de problemas com a agricultura no cerrado causando sérios problemas de manejo de safra. Este trabalho tem o intuito de identificar a distribuição espacial de veranicos no cerrado brasileiro além de, verificar a duração desse evento. No período de 1975 a 2005 esse trabalho contou com análise de 79 municípios e suas precipitações diárias fornecidas pela Agencia Nacional de Água (ANA). Os resultados indicam uma serie de ocorrências de veranicos nos meses de fevereiro e outubro, gerando certa preocupação em uma safra, pois são meses essenciais para o desenvolvimento das culturas. A frequência de um veranico pode estar relacionada a vários fatores, como a localidade e topografia do município em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: veranico; Irregularidade pluviometrica; Regime Pluviometrico

SPACIALIZATION DROUGHT OCCURRENCE IN GOIÁS IN PERIOD FROM 1975 TO 2005 ABSTRACT

ABSTRACT

Climate events have caused disorders worldwide; this puts the globe on alert in the event of crop failures. In Brazil, isolated climatic event has generated problems with high expenses and concern about irrigation or not. This climatic event called drought has generated a series of problems with the agriculture in the Cerrado, causing serious problems of crop management. This work intends to identify the spatial distribution of droughts in the Brazilian Cerrado, as well as verify the duration of this event. In period from 1975 to 2005, this work was analyzed by 79 municipalities and their daily rainfall provided by the National Water Agency (NWA). The results indicate a series of occurrences of drought in the months of February and October, generating some concern in a crop, since these are essential months for the development of the crops. The frequency of a summer can be related to several factors, such as the locality and topography of the municipality under study.

KEY-WORDS: drought; rainfall irregularity; rainy season

INTRODUÇÃO

Os eventos climáticos ocorridos ultimamente com crescentes catástrofes em nível mundial, têm trazido à tona discussões sobre mudanças climáticas, além das mudanças no regime pluviométrico de diversas regiões

do globo, uma vez que secas mais intensas tem ocorrido em certas localidades ao passo que elevados índices de precipitações ocorrem em outras localidades como o ocorrido na região norte do Brasil no ano de 2015 (MARENGO, 2015).

Uma vez que os índices pluviométricos têm se alterado, ressurgem a preocupação com as quebras de safra devido à falta ou excesso de precipitação, principalmente nas épocas de florescimento e frutificação das culturas. Surge também a preocupação com o cultivo irrigado, uma vez que sem chuva suficiente para reposição dos mananciais e elevação dos níveis dos reservatórios de água, a produção nesse período torna-se inviável, acarretando em transtornos também no abastecimento de água para a população e consumo animal, trazendo o foco para o desafio no uso racional dos recursos hídricos sem que haja queda na produção de alimentos.

Sabe-se que devido a desmatamentos, poluição e uso incorreto e indevido de mananciais a humanidade sofre com consequências diretas e indiretas na frequência e distribuição de chuvas, ocasionando maiores níveis de secas e cheias (KARL et. al., 1996).

A probabilidade da ocorrência de certa quantidade de precipitação em uma região por um determinado período regula a agricultura, uma vez que sua quantidade e distribuição determinam as atividades a serem ali desenvolvidas. A produção agrícola depende de diversas variáveis climáticas, tais como: quantidade total de chuva, distribuição pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar.

No cerrado o regime pluviométrico concentra-se no período primavera-verão, época em que se concentram as atividades agrícolas na região. A ocorrência de chuvas apresenta grande irregularidade de ocorrência, tanto espacial quanto temporal, influenciando significativamente no planejamento agrícola e na produtividade das culturas (SOUSA, 1998).

AYOADE (2011) define precipitação como a deposição de água derivada da atmosfera no estado líquido ou sólido, ocorrendo sob as formas de chuva, granizo, neve, orvalho ou geada. De acordo com MARENGO (2015) grandes desvios de um estado climático variam de dias a milênios. As mudanças no regime pluviométrico que expressam maior importância para as atividades humanas, talvez sejam os eventos extremos de curto prazo (relacionado a meteorologia) e médio prazo (relacionado ao clima), pois apresentam um potencial de impactos significativos.

Uma das questões de maior veemência em relação a mudanças climáticas, é em relação a eventos extremos de curto prazo, que é o caso dos veranicos. Veranicos climatológicos foram descritos por CUPOLILLO et al. (2008) como sendo uma considerável redução nos índices de precipitação pluviométrica na estação chuvosa. Estes podem ser classificados considerando-se os níveis de intensidade, frequência e duração. Quanto maiores a intensidade, frequência e a duração de dias consecutivos da ocorrência de veranicos em uma estação chuvosa, maiores serão os efeitos negativos nas atividades humanas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal desse estudo foi identificar a distribuição espacial e temporal de veranicos para o estado de Goiás, analisando as características de duração e intensidade do fenômeno meteorológico na estação chuvosa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O comportamento espaço - temporal do veranico foi analisado através da variabilidade mensal referente aos meses da época de chuva no estado de Goiás, que são os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. Foram calculados e analisados os totais médios de veranicos para cada município que possuía dados de precipitação da rede de observação cedida pela Agência Nacional de Águas (ANA), e que contivesse até 10% de falhas dos dados.

Os dados de precipitações diárias utilizados para o trabalho foram de 79 municípios do estado de Goiás, para o período de 1975 a 2005. Primeiramente, foram dispostos em planilhas e selecionados apenas os dias em que não houve precipitação ou com um limite de até 3 mm, posteriormente foram calculados as sequências de dias com consecutivos com esse critério. Essa segunda etapa foi realizada para observar os períodos de veranicos, e como consequência avaliar a homogeneidade, frequência e intensidade deste fator climatológico e suas prováveis causas e impactos no setor agrícola no estado.

Para elaboração dos mapas, as médias mensais de veranicos dos 31 anos e dos 79 municípios foram realizadas apenas para os meses da estação chuvosa em Goiás. Os veranicos foram divididos em três classes, Classe I referente a 3 dias, Classe II de 4 a 6 dias e Classe III acima de 7 dias consecutivos sem chuvas, ou conforme já mencionado, chuvas acumuladas diárias de até 3 mm.

Para analisar a distribuição da ocorrência de veranicos, foram elaboradas cartas com os dados de veranicos a fim de visualizar as características da duração e intensidade, além de fatores climáticos. As cartas foram produzidas no programa SURFER, utilizando-se o método de KRIGAGEM. A partir destes procedimentos, foi gerado um mapa de isolinhas da ocorrência de veranicos, para cada classe definida na metodologia.

Foram elaborados no total 18 mapas, um mapa para cada média mensal para as três classes definidas, juntamente com 18 gráficos. Neste trabalho foram apresentados os mapas e gráficos de maior relevância para atender o objetivo principal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 ilustram a média mensal de veranicos referente aos meses de outubro (classe I) e fevereiro (classe II), respectivamente. Para o início da estação chuvosa em Goiás, mês de outubro, conforme Figura 1, notou-se que praticamente todas as regiões do estado apresentam veranicos de 3 dias, com frequência que varia de 2,51 a 3 ocorrências. Apenas o extremo sudeste e parte do nordeste do Estado apresentaram frequências menores do que 2 ocorrências da classe I.

A Figura 2 referente ao mês de fevereiro (classe II) nota-se uma variabilidade em número de ocorrências de veranicos. A faixa que abrange a região extrema do sudoeste a nordeste do estado apresenta veranicos de 4 a 6 dias com frequência de 7 a menores que 4 ocorrências. E na região centro-oeste goiano pode-se observar manchas isoladas com valores de 5,51 a 6,50 ocorrências de veranicos. Os veranicos de classe I e classe II representam uma interferência significativa, principalmente nos meses de fevereiro e outubro, meses no qual a agricultura necessita de um nível pluviométrico constante, devido ao início de plantio da safra, colheita e plantio de safrinha (CONAB, 2015).

Além das observações citadas acima referente as Figuras 1 e 2, pode-se afirmar ainda, de acordo com as análises dos dados, que veranicos classe I e classe II acometem regiões distintas, onde estas apresentam a agricultura como principal fonte de renda (IBGE, 2015). A região nordeste de Goiás, divisa com o estado da Bahia, como demonstra a Figura 2, apresenta uma mescla de ocorrência de veranicos classe II no mês de fevereiro, período característico de colheita da safra e plantio de safrinha. É um fator preocupante, já que é uma área que apresenta na última década um crescente número de abertura de áreas de grandes culturas (soja, milho, algodão, sorgo) (CONAB, 2015). Segundo LEAL et al. (2011) o mês de fevereiro nos anos de 2000 a 2004 caracterizou-se veranicos de grande importância nos municípios de Itumbiara, Goiatuba e Quirinópolis, que estão localizados na região sul de Goiás, nesta época provocaram grandes perdas nas safras de grãos, que é a principal atividade desenvolvida na região. Quando analisados para um período mais longo, 31 anos, observou-se que estes municípios analisados por LEAL et al (2011) possuem um histórico médio de ocorrências de veranicos de variação de 6,01 a 7. Justificando que eventos climatológicos extremos, como um veranico, possui interferência significativa nas perdas de grãos na safra.

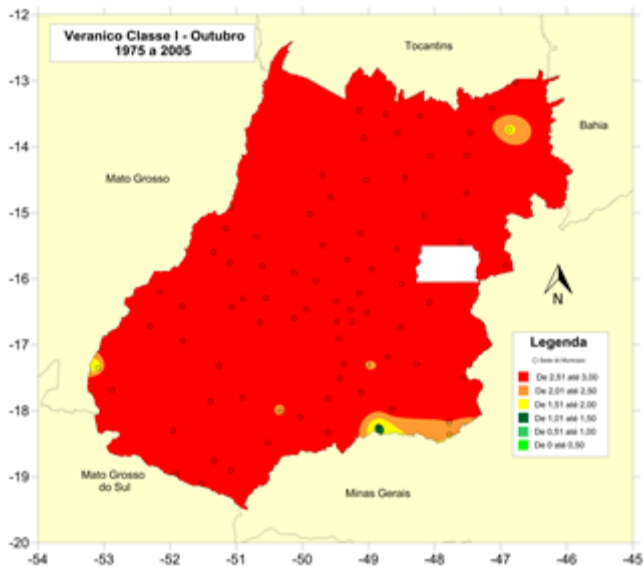


Figura 1: Veranicos médio da Classe I para o mês de outubro no período de 1975 a 2005 em Goiás.

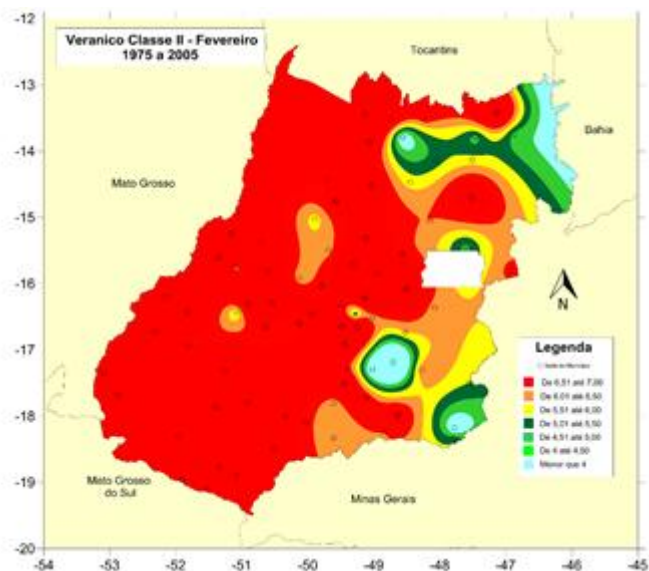


Figura 2: Veranicos médio da Classe II para o mês de fevereiro no período de 1975 a 2005 em Goiás.

Os municípios que apresentaram maiores frequências médias de veranicos Classe I e Classe II foram Doverlândia e Montes Claros de Goiás, apresentando respectivamente as médias de 8 e 11,25 ocorrências, conforme ilustra as Figuras 3 e 4. Doverlândia é um município que se encontra na microrregião Sudoeste goiano, com altitude de 509 metros, e possui a agricultura como base econômica (SEPIN, 2016).

O município de Montes Claros de Goiás pertence a microrregião de Aragarças, com altitude de 419 metros e possui um setor agrícola forte, principalmente na área de soja e milho (SEPIN, 2016). São dois municípios distintos, com características físicas diferentes.

Como pode se notar, fatores relacionados a geografia da região, podem interferir quanto a episódios climatológicos. O estado de Goiás, possui localização central no Brasil, apresentando altitudes que variam desde de 448 m (município de Itumbiara) até 1.784 m na região da Chapada dos Veadeiros. A altitude exerce uma profunda ação no clima. É uma característica física que está relacionada a pressão, temperatura e principalmente a distribuição e intensidade pluviométricas de uma região (TOMMASELLI, 2014). Por se tratar de um aspecto específico de uma microrregião, pode ser uma justificativa para que uma região sofra ou não com veranicos.

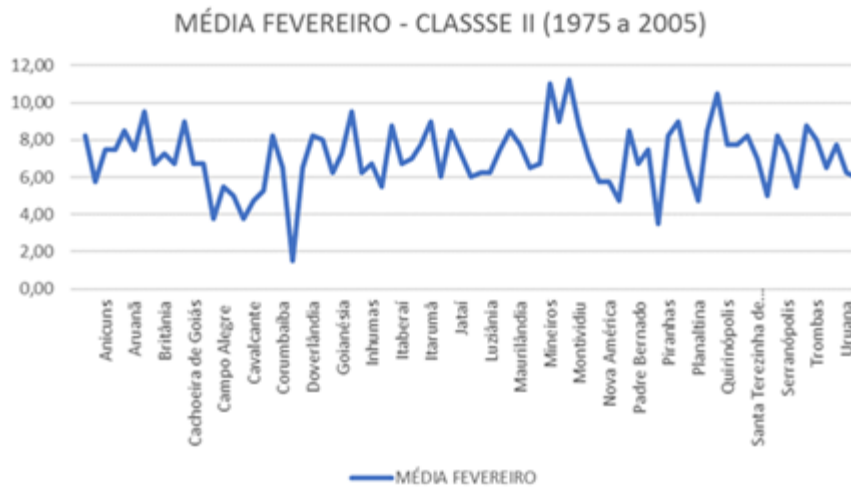


Figura 3: Gráfico médio de veranicos Classe I para o mês de outubro no período de 1975 a 2005 em Goiás.

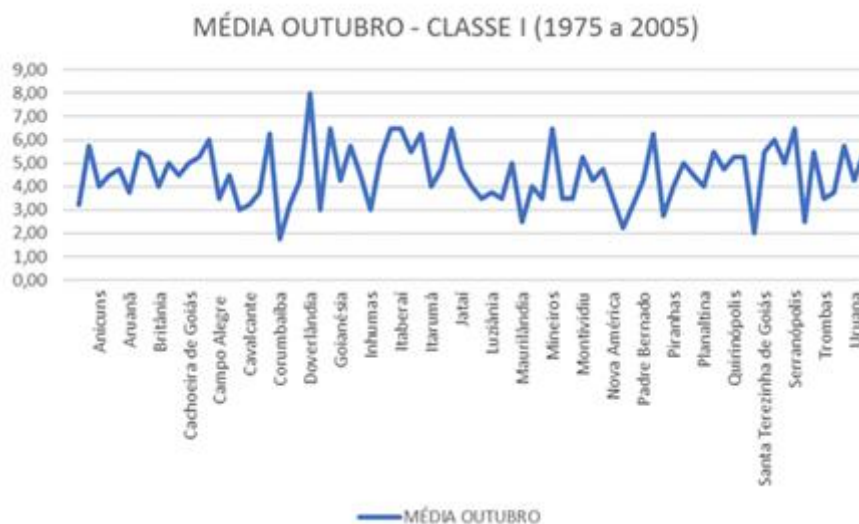


Figura 4: Gráfico médio de veranicos Classe II para o mês de fevereiro no período de 1975 a 2005 em Goiás.

A Classe III, referente a casos de veranicos acima de sete dias, notou-se que a variação nas ocorrências ficou entre a faixa de 0 a 2. Ocorrendo em pontos específicos dentro do estado. Os meses nos quais observou-se uma maior variabilidade espacial foram os meses de outubro (início da época chuvosa) e março (final da época chuvosa). Na Figura 5, as regiões nordeste e central goiano apresentaram frequências de 0 a 1, diferentemente de todo o restante do estado, que se encontra na faixa de 1,01 a 2 ocorrências de veranicos classe III para o período analisado de 1975 a 2005. O mês de março observado na Figura 6 ocorreu o oposto do mês de outubro, havendo pequenas manchas específicas nas regiões nordeste, centro-oeste e sul, apresentando ocorrência de veranicos na faixa de 1,01 a 2, e o restante do estado na faixa de 0 a 1 ocorrências.

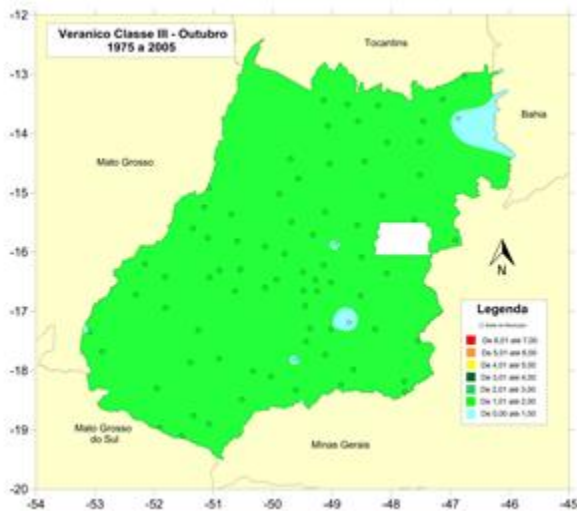


Figura 5: Veranicos médio da Classe III para o mês de outubro no período de 1975 a 2005 em Goiás.

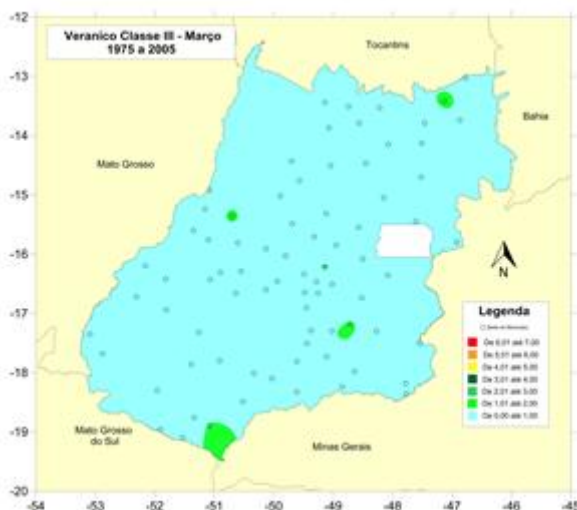


Figura 6: Veranicos médio da Classe III para o mês de março no período de 1975 a 2005 em Goiás.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De acordo com as análises, os meses de fevereiro e outubro foram os que obtiveram as maiores médias de veranicos nas classes I e II quando comparados com os outros meses. Isso é preocupante, principalmente para o estado de Goiás, tendo em vista que a economia é altamente agrícola, e a ocorrência de veranicos nesses meses prejudica o plantio de safra e também o plantio de safrinha.

Para os veranicos classe III notou-se uma variação de 0 a 2 ocorrências no estado, apresentando manchas isoladas de médias de veranicos.

A frequência de um veranico pode estar relacionada a vários fatores, como a localidade e topografia do município em estudo, presença ou não de bacias hidrográficas na região, fatores antrópicos, como queimadas, desmatamentos e uso inadequado de mananciais.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 350 p.

CONAB, **Mapas da Produção Agrícola**, safra 2014/2015. Disponível em: www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1101&t=2. Acesso em 31 de julho de 2016.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

IBGE, **Estatística agropecuária**. Disponível em www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/estatisticas_previsao_safras/default.shtm. Acesso em 31 de julho de 2016.

KARL, T. R., R. W. Knight, and N. Plummer, **Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century**. *Nature*, 377, 217–220, 1996.

LEAL, L.S.M., SILVA, M.M., PAZ, R.L., AMORIM, A.O., OLIVEIRA, T.V., **Estudo de caso de veranico em três municípios na região sul do estado de goiás, GO, SIMEGO, Goiânia – GO**, 2011.

MARENGO, J.A., **Mudanças Climáticas e eventos extremos no Brasil**, FBDS, 2015.

SEPIN, **Perfil Socioeconômico dos municípios goianos**. Disponível em: www.imb.go.gov.br. Acesso em 31 de julho de 2016.

SOUSA, S. A. V. **Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de rendimento**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 33 n. 12, p. 1952-1956, 1998.

TOMMASELLI, J.T.G., **Os fatores do clima**, UNESP, São Paulo, 2014.

COMPORTAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DAS CHUVAS NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Charles Cardoso Santana²; Marcos Antonio Vanderlei Silva¹; Silas Alves Souza³; Weverson Lustoza de Almeida¹; Thatyane Kary Grigorio de Souza¹
Autor para correspondência: ccsantana.agro@gmail.com

¹Universidade do Estado da Bahia; ²Universidade de Brasília; ³Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

A região oeste da Bahia, conhecida pela sua produção agrícola em larga escala, tem sido afetada pela queda na produtividade das principais culturas em decorrência de longos períodos de baixa precipitação. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi analisar a variabilidade espacial e temporal das chuvas no oeste da Bahia, através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Foram utilizados dados de chuva obtidos da rede de postos da Agência Nacional de Águas (ANA), através da plataforma *hidroweb*, para o período de 1986 a 2015. Realizou-se, então, o cálculo do IAC do mês de fevereiro (período crítico: florescimento e/ou enchimento de grãos para a maioria das culturas na região), conforme as equações desenvolvidas por Rooy (1965). Para análise da variabilidade espaço-temporal dos eventos de seca em suas diferentes intensidades, foram gerados mapas do IAC contendo oito categorias, variando de extremamente úmido a extremamente seco. No período analisado, observa-se que aproximadamente, 53,33% dos meses de fevereiro apresentaram anomalias negativas em mais de 70% com classificação variando de seca suave a seca extrema, e 30% anomalias positivas, apresentando classificação de umidade baixa a extremamente úmido. Nos anos de maior contribuição das anomalias negativas (eventos de seca) percebeu-se uma predominância da variabilidade espacial no sentido leste para o oeste, tendo as menores anomalias negativas no lado oeste e as maiores anomalias negativas no lado leste da região Oeste da Bahia. Já para as anomalias positivas (eventos úmidos) percebeu-se uma predominância da variabilidade espacial no sentido do sul para o norte da região.

PALAVRAS-CHAVE: IAC; climatologia; soja

BEHAVIOR OF SPACE AND TEMPORARY VARIABILITY OF RAINFALLS IN THE WEST REGION OF BAHIA

ABSTRACT

The western region of Bahia, known for its large-scale agricultural production, has been affected by low productivity of major crops because of long periods of low rainfall. Thus, the objective of this work was to analyze the spatial and temporal variability of rainfall in the west of Bahia, through the Rainfall Anomaly Index (RAI). Rainfall data obtained from the National Water Agency (NWA), through the *hidroweb* platform, were used for the period from 1986 to 2015. The RAI was calculated for the month of February (critical period: flowering and / or grain filling for most crops in the region), according to the equations developed by Rooy (1965). In order to analyze the spatiotemporal variability of the drought events in their different intensities, RAI maps were generated containing eight categories, varying from extremely humid to extremely dry. In the analyzed period, it was observed that approximately 53.33% of the months of February presented negative anomalies in more than 70% with a classification ranging from mild dry to extreme dry, and 30% positive anomalies, presenting a classification of low humidity and extremely humid. In the years of greatest contribution of the negative anomalies (drought events), a predominance of the spatial variability was observed from east to west, with the lowest negative anomalies on the west side and the largest negative

anomalies on the eastern side of the West region of Bahia. For the positive anomalies (humid events), a predominance of spatial variability was observed in the direction of the south to the north of the region

KEY-WORDS: RAI; climatology; soybean

INTRODUÇÃO

A região oeste da Bahia ocupa aproximadamente 9,6 milhões de hectares, destacando pelas atividades agrícolas em larga escala, realizada com empreendedorismo e alto nível de excelência nos processos de produção, tornando-se modelo de crescimento agrícola e uso de tecnologia avançada. As principais culturas plantadas no oeste da Bahia são todas de agricultura de sequeiro, como: soja, milho, algodão e café, sendo também representativas a produção de frutas, feijão, arroz e gramíneas para a formação de pastagens. A soja tem um papel de destaque pois, ocupa, aproximadamente 60%, da área cultivada que corresponde a 4,8% da produção nacional e a 58% da produção do Nordeste. Na safra 2017/18, em uma área de 1,6 milhão de hectares colhidas, a produtividade da soja no oeste cresceu, em algumas áreas, de 55 para 76,5 sacas por hectare, em relação à safra anterior (AIBA, 2017).

Apesar de ser uma área de fronteira agrícola, com altas produtividades, a região oeste da Bahia é caracterizada pela má distribuição espacial e temporal da precipitação, com longos períodos de estiagem, sendo estes um fator determinante para um efetivo sucesso no sistema produtivo. A acumulação de déficits de pluviosidade pode desencadear, de forma rápida, em grandes perdas na produtividade das culturas agrícolas de sequeiro, principalmente quando falta umidade (baixos índices de água no solo), em momentos decisivos, como nos períodos de floração e enchimento de grãos.

Diante dessa problemática, o conhecimento da variabilidade espacial e temporal das chuvas, além de sua intensidade e período de duração dos eventos de estiagem dentro do semestre chuvoso, ajudam na execução de medidas preventivas visando à minimização dos prejuízos, e principalmente na adequação de sistemas de alerta, havendo assim, a possibilidade de direcionar ações de mitigação dos efeitos do fenômeno climático sobre as atividades agrícolas, de maneira mais efetiva, desde que haja, um monitoramento e avaliação constante.

Inúmeros métodos têm sido propostos para a identificação, quantificação, monitoramento e avaliação dos fenômenos de secas e/ou estiagem. Dentre eles, tem-se o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) que é uma ferramenta eficiente de avaliação pluviométrica, pois além de medir às intensidades e períodos de duração, estuda a frequência dos eventos de déficit pluviométrico e pode indicar quais as áreas preferenciais para instalação do sistema agrícola ou de recorrência do fenômeno, que são informações fundamentais no planejamento agrícola e na tomada de decisão. A facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real é um fator importante e faz do IAC uma ferramenta potencial para análise das precipitações considerando-se sua simplicidade procedimental (SANCHES; VERDUM; FISCH, 2014). De acordo com Gurjão et al. (2012), o Índice de Anomalia de Chuva, apresentou-se um método eficiente na determinação da intensidade e área afetada por eventos extremos de chuva, na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Em outro trabalho, Marcuzzo et al. (2012) avaliaram a variação do Índice de Anomalia de Chuva da precipitação pluvial no Estado do Tocantins, avaliando 30 anos de dados (1977 a 2006) de 43 estações meteorológicas, e mostraram que o IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para o acompanhamento interanual da precipitação pluviométrica, visando determinar mudanças no regime de chuvas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar a climatologia da Região Oeste da Bahia, em termos de variabilidade espaço-temporal das chuvas utilizando Índice de Anomalia de Chuvas (IAC)

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi a Mesorregião do Extremo Oeste da Bahia (Figura 1), doravante chamada apenas Oeste da Bahia, localizada entre as coordenadas 10,05° e 15,30° de latitude sul e entre 43,25° e 46,70° de longitude oeste, caracterizada pelo clima tropical continental (Aw na classificação de Köppen). A área selecionada é formada por três microrregiões e 24 municípios (Quadro 1).

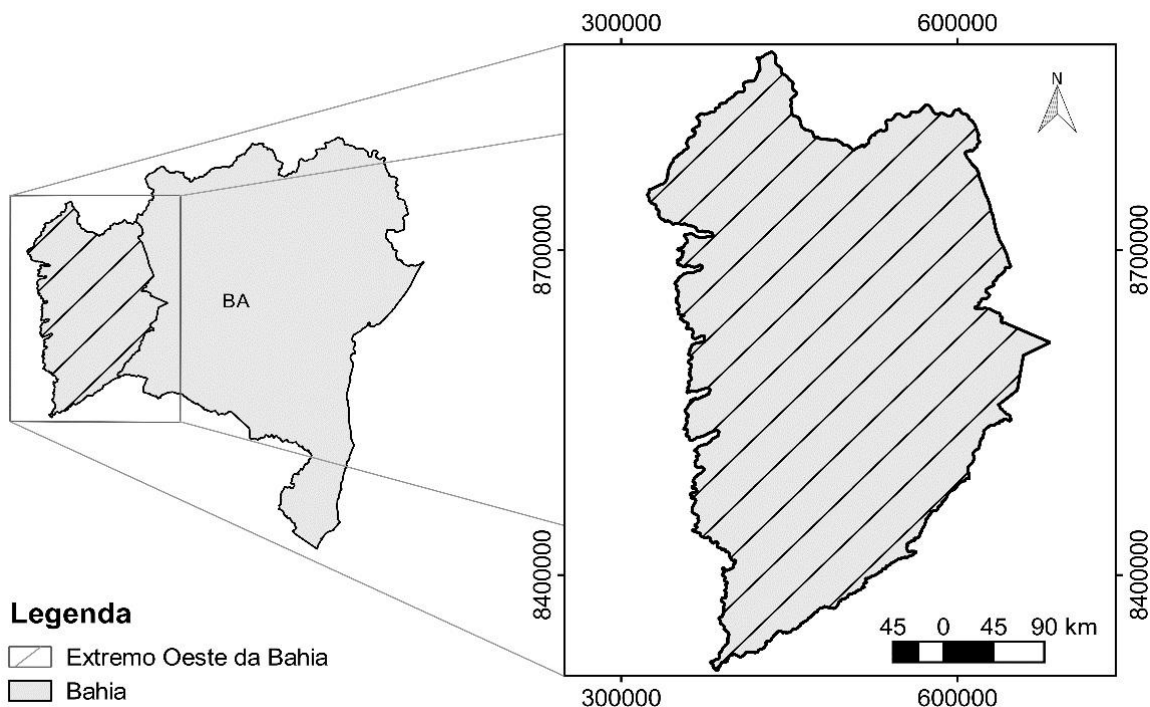


Figura 1. Localização da mesorregião Extremo Oeste da Bahia.

O oeste da Bahia abrange uma área de aproximadamente 117 mil km², situa-se na margem esquerda do rio São Francisco, tendo como afluentes principais os rios Grande, Preto, Corrente e Carinhanha, além de ser uma região marcada pelos efeitos da sazonalidade climática.

Para o desenvolvimento da análise pluviométrica, foram utilizados dados de chuva obtidos da rede de postos da Agência Nacional de Águas (ANA), através da plataforma *hidroweb* (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>) (Figura 2), sendo selecionados, para este trabalho, as informações dos seguintes órgãos: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e *Departamento Nacional de Obras Contra as Secas* (DNOCS). Os dados foram organizados e tabulados a fim de se obter os totais mensais para cada posto analisado.

Quadro 1. Relação dos municípios das microrregiões do Extremo Oeste da Bahia.

MICROREGIÕES	MUNICÍPIOS	
BARREIRAS	Baianópolis	Luís Eduardo Magalhães
	Barreiras	Riachão das Neves
	Catolândia	São Desidério
	Formosa do Rio Preto	
COTEGIPE	Angical	Mansidão

	Brejoândia	Santa Rita de Cassia
	Cotegipe	Tabocas do brejo Velho
	Cristópolis	Wanderley
SANTA MARIA DA VITÓRIA	Canápolis	Santa Maria da Vitória
	Cocos	Santana
	Correntina	Serra dourada
	Coribe	São Félix do Coribe
	Jaborandi	

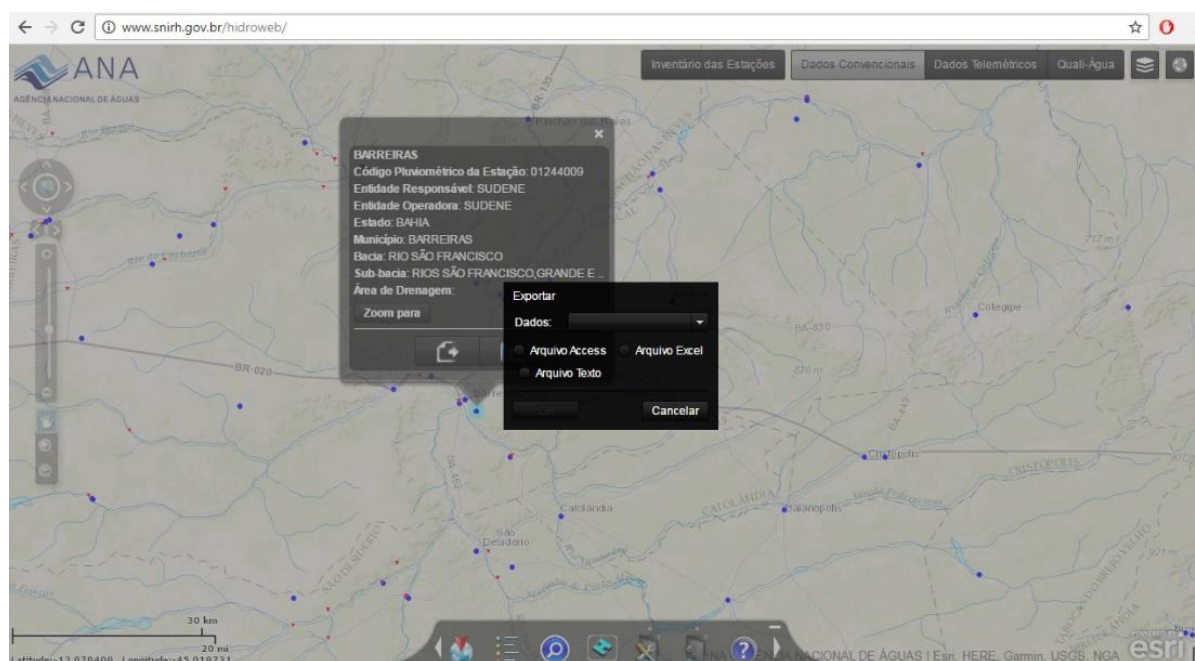


Figura 2. Interface da plataforma hidroweb.

Na Tabela 1 tem-se os municípios utilizados no estudo para realizar a caracterização da variabilidade da Precipitação para a região. Foram obtidos dados médios mensais de precipitação, compreendendo o período de 1985 a 2015. Além da utilização de dados das estações situadas na região Oeste da Bahia, utilizou-se dados de estações de municípios adjacentes, objetivando melhorar a caracterização da variabilidade da precipitação, uma vez que, apenas as estações localizadas na região eram insuficientes para caracterizar esta variabilidade com uma boa acurácia.

Tabela 1. Estações convencionais utilizadas para caracterização do balanço hídrico na região Oeste da Bahia.

ESTAÇÃO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Arinos	MG	16° 05' 60" S	47° 57' 00" W	519,00 m
Arrojoândia - Correntina	BA	13° 44' 03" S	45° 24' 12" W	679,00 m
Barra	BA	12° 55' 12" S	44° 50' 24" W	401,58 m

Barreiras	BA	13° 50' 60" S	45° 00' 00" W	439,29 m
Bom Jardim - Formosa do R. Preto	BA	10° 59' 33" S	45° 31' 36" W	451,00 m
Bom Jesus da Lapa*	BA	14° 44' 24" S	44° 35' 24" W	439,96 m
Carinhanha*	BA	15° 43' 12" S	44° 14' 24" W	450,18 m
Caripará – Riachão das Neves	BA	-11°44' 03" S	-45,02' 03" W	443,13 m
Correntina	BA	14° 40' 12" S	45° 23' 24" W	459,47 m
Fazenda Boa Esperança - Barra*	BA	10° 38' 00" S	43° 30' 00" W	430,00 m
Fazenda Coqueiro - São Desidério	BA	12° 23' 21" S	44° 55' 56" W	502,00 m
Fazenda Johá - Barreiras	BA	11° 07' 31" S	45° 48' 39" W	725,00 m
Fazenda Planalto - Correntina	BA	13° 45' 01" S	46° 08' 30" W	947,00 m
Fazenda Porto Alegre - Cocos	BA	11° 16' 06" S	45° 31' 20" W	500,00 m
Fazenda São Roque - Barreiras	BA	11° 57' 24" S	45° 27' 23" W	622,00 m
Formoso*	MG	15° 04' 12" S	47° 45' 00" W	840,00 m
Gameleira - Sítio do Mato*	BA	12° 52' 00" S	43° 23' 00" W	415,00 m
Gatos - Jaborandí	BA	13° 42' 38" S	44° 37' 57" W	610,00 m
Ibotirama	BA	12° 10' 50" S	44° 13' 24" W	420,00 m
Mocambinho*	MG	16° 55' 12" S	45° 59' 24" W	452,00 m
Mocambo – Santa M ^a da Vitória	BA	-13° 59' 24" S	-44° 29' 24" W	436,08 m
Monte Alegre – Santa Rita de Cássia	BA	-11° 31' 20" S	-44° 05' 00" W	455,45 m
Morpará*	BA	11° 34' 00" S	43° 17' 00" W	415,00 m
Nova Vida - Montante - Barreiras	BA	11° 21' 08" S	45° 07' 20" W	458,00 m
Ponte Serafim - Montante - Barreiras	BA	11° 53' 46" S	45° 36' 43" W	713,00 m
Posse*	GO	15° 59' 24" S	47° 38' 24" W	825,64 m
Santa Maria da Vitória	BA	13° 24' 00" S	44° 12' 00" W	431,00 m
Santa Rita de Cássia	BA	12° 59' 24" S	45° 29' 24" W	450,30 m
Sítio Grande - São Desidério	BA	12° 26' 00" S	45° 05' 00" W	536,00 m
Taguatinga*	TO	13° 35' 60" S	47° 35' 24" W	603,59 m

*Municípios adjacentes

Após a obtenção, e ajuste dos dados, e feita a análise de consistência, realizou-se o preenchimento das falhas. O preenchimento de falhas foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3, utilizando a imputação múltipla dos dados faltantes, considerando o método da média preditiva ou *Predictive Mean Matching* (PMM) (BUUREN; OUDSHOORN, 2011).

A Identificação dos eventos de seca foi feita por meio do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) mensal do mês de fevereiro, calculado de acordo com as equações 1 e 2. Esse mês foi escolhido por ser considerado mais importante, tendo em vista coincidir com a floração e/ou enchimento de grãos da maioria das cultivares de soja. Para anomalias de precipitação positivas, o parâmetro M é a média dos dez valores mais elevados de precipitação do período estudado; para as anomalias negativas, o parâmetro X representa os dez valores mais baixos de precipitação do mesmo período.

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(M - \bar{N})} \right]$$

Para anomalias positivas (eq. 1)

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(X - \bar{N})} \right]$$

Para anomalias negativas (eq. 2)

onde N = precipitação (mm) observada atual ou do mês que será calculado o IAC; \bar{N} = precipitação média da série histórica (mm); M = média dos dez valores mensais ou anuais mais altos; X = média dos dez valores mensais ou anuais mais baixos.

Os valores do índice foram ordenados em um esquema de classificação de oito categorias variando de extremamente úmido a extremamente seco de acordo com a metodologia de Rooy (1965), adaptada por Araújo et al. (2009) (Tabela 2). Os valores foram calculados indicando a magnitude dos desvios negativos e positivos em relação a média da série de precipitação mensal.

Tabela 2. Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

IAC	CLASSIFICAÇÃO
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,50 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,5	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada

-3,00 a -3,99	Seca alta
≤ -4,00	Seca extrema

Fonte: Adaptado de Araújo et al. (2009).

Com os valores médios do IAC mensais e anuais foram feitas verificações de períodos em meses consecutivos de anomalias negativas e positivas de precipitação e suas intensidades de acordo com a classificação apresentada. Além disso, efetuou-se a verificação dos períodos secos e úmidos em meses consecutivos de duração.

Para a caracterização espacial e temporal das informações climáticas (valores de IAC do mês de fevereiro (IACfev), realizou-se a interpolação (IDW) e classificação de acordo Tabela 2, utilizando o *software* QGIS. O QGIS é um *software* gratuito, licenciado pela GNU (*General Public License*), baseado em um SIG (Sistema de Informação Geográfica), permitindo, segundo Almeida (2005), consultas espaciais, exploração interativa de dados, identificação e seleção de geometrias, pesquisa, visualização e seleção de atributos e criação de simbologia vetorial e raster.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos grandes avanços, durante os últimos anos, a atividade agrícola e o rendimento das colheitas dependem da ocorrência de precipitação pluvial (ROSSETI, 2000). Se esta ocorrer irregularmente, a produção poderá ficar comprometida. Relacionados com as datas de início e fim da estação chuvosa, e com a variação de períodos secos e chuvosos na estação de crescimento, estas informações são muito úteis no planejamento de várias atividades agrônômicas, tais como a definição da data de plantio e colheita e estabelecimento de um calendário agrícola, podendo contribuir para reduzir os riscos de déficit de água para cultura durante o ciclo fenológico. Portanto, a título de compreender a variação geral do comportamento de precipitação na região Oeste da Bahia, encontra-se na Tabela 3 o resumo estatístico.

Tabela 3. Resumo estatístico das médias mensais de precipitação no período de 1986 a 2015 da região oeste da Bahia.

Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
Média	151,7	127,8	145,9	66,2	15,9	2,0	0,7	1,6	12,5	70,9	177,4	211,4	983,7
DesvPad	21,8	19,8	19,3	14,1	5,5	1,1	0,5	1,0	4,2	11,3	22,1	24,8	116,7
CV (%)	14,4	15,5	13,3	21,3	34,4	51,5	69,3	60,0	33,7	15,9	12,5	11,7	11,9

Observa-se, que ao longo do ano, uma grande variabilidade do regime pluviométrico com valores que variam de 66 a 211 mm com diferenças percentuais de 69%. Não obstante, tem-se um período de chuvas compreendido entre os meses de outubro a abril, que concentra aproximadamente 96% do total médio de precipitação.

De acordo com Tanajura et al., (2010), o período de maior volume de chuva corresponde ao trimestre (DJF), podendo chegar no máximo neste trimestre a 700 mm. Bittencourt et al., (2013), preconizaram que o pico de chuva, neste período está associado à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e com vestígios de frentes frias que penetram em baixas latitudes.

Por outro lado, no período seco, a variabilidade de precipitação foi na ordem de 12 a 15 mm que compreende os meses de maio a setembro, apresentando as menores precipitações, com os maiores coeficientes de variação (CV). É interessante ressaltar que os valores de CV são baixos (entre 34 e 69%),

comparativamente aos encontrados na região Nordeste (entre 45 e 312%) por Silva et al. (2011), e semelhantes aos encontrados por Viola et al. (2010) (entre 17 e 60%), para Minas Gerais, estado vizinho.

De acordo com Silva et al., (2012), as séries temporais de precipitação e do número de dias de chuva na região Nordeste do Brasil, encontraram semelhantemente maiores valores de coeficiente de variação associados aos menores valores de precipitação e do número de dias chuvosos, ou seja, a variabilidade da precipitação é maior no período seco do que no período chuvoso, que apresentou valores de 11 a 21%. Essa característica permite entender que a informação sobre a dispersão ao longo dos meses oferece informação importante para o planejamento que envolva os recursos hídricos de demanda pluvial.

Com o intuito de analisar a variabilidade espaço-temporal das áreas que ocorreram eventos de seca em suas diferentes intensidades, foram gerados mapas especializando os Índices de Anomalias de Chuva do mês de fevereiro (IACfev), para os anos de 1986 a 2015.

No período analisado (30 anos), observa-se que aproximadamente, 53,33% (16 anos) dos meses de fevereiro apresentaram anomalias negativas em mais de 70% com classificação variando de seca suave a seca extrema, e 30% (9 anos) anomalias positivas, apresentando classificação de umidade baixa a extremamente úmido (Figura 3,4 e 5). O maiores valores negativos ($\leq -4,00$) foram observados nos anos de 1987 e 2013, em mais de 90% de toda região, e o maiores índices positivos ($>4,00$), em fevereiro de 1992, 2005 e 2007 sendo estes classificados como seca extrema e extremamente úmido, respectivamente. Tais informações são fundamentais pois o mês de fevereiro coincide com um período crítico importante para que implantou a lavoura entre a segunda quinzena de novembro e a primeira quinzena do mês de dezembro.

Resultados semelhantes foram encontrados por Goos e Cassol (2015), analisando a ocorrência de IAC no estado o Rio Grande do Sul, onde foi verificado, além de um maior número de meses com anomalias negativas de precipitação, um aumento destes, a partir do terceiro sextênio do período analisado.

Foram estudados os períodos de duração das anomalias negativas mensais de precipitação em anos consecutivos, e estes predominaram sobre os úmidos (Figura 3,4 e 5). A maioria dos anos com ocorrência de anomalias positivas de precipitação apresentaram-se agrupados em períodos de, no máximo, três meses consecutivos (Figura 4). Os anos secos (meses de fevereiro), em sua maioria, ocorreram agrupados em períodos de duração de até 7 anos, em ao menos 20% da área da região, sendo que os maiores foram verificados de 2009 a 2015 (Figura 5).

Observa-se um comportamento diferente da variabilidade espacial entre os anos que o mês de fevereiro apresentou maior contribuição espacial das anomalias negativas em relação aos anos que apresentou maior contribuição espacial das anomalias positivas. Nos anos de maior contribuição das anomalias negativas (eventos de seca) percebeu-se uma predominância da variabilidade espacial no sentido leste para o oeste, tendo as menores anomalias negativas no lado oeste e as maiores anomalias negativas no lado leste da região Oeste da Bahia. Esse comportamento está relacionado a inexistência da atuação de fenômenos de macro escala sobre a região, o que conseqüentemente culmina na atuação exclusiva dos fenômenos de micro escala da própria região, efetivando esse comportamento espacial, principalmente porque o lado leste da região Oeste da Bahia apresenta uma transição com o semiárido. Já para as anomalias positivas (eventos úmidos) percebeu-se uma predominância da variabilidade espacial no sentido do sul para o norte, ou vive versa, da região Oeste da Bahia, que possivelmente é justificada pela atuação de vários fenômenos de macro escala, (como Vórtices Ciclônicos em Ar Superior, Distúrbios Ondulatórios de Leste, Zona de Convergência do Atlântico Sul e os Sistemas Frontais, dentre outros), sobre a região.

Fazendo uma relação entre as figuras 3,4 e 5 com a figura 6, observa-se que os eventos extremos de seca (valores de IAC negativos), bem como sua própria variação espacial, durante o trimestre chuvoso, mostrou uma predominância dos anos que apresentam valores de IAC classificados de seca suave a seca extrema, coincidirem com os eventos de El Niño do trimestre anterior ao mês estudado (ENOS do mês de novembro, dezembro e janeiro - ENOS_{ndj}), ou seja, a maioria valores de IAC negativos do mês de fevereiro durante o período analisado foram influenciados pela ocorrência de El Niño.

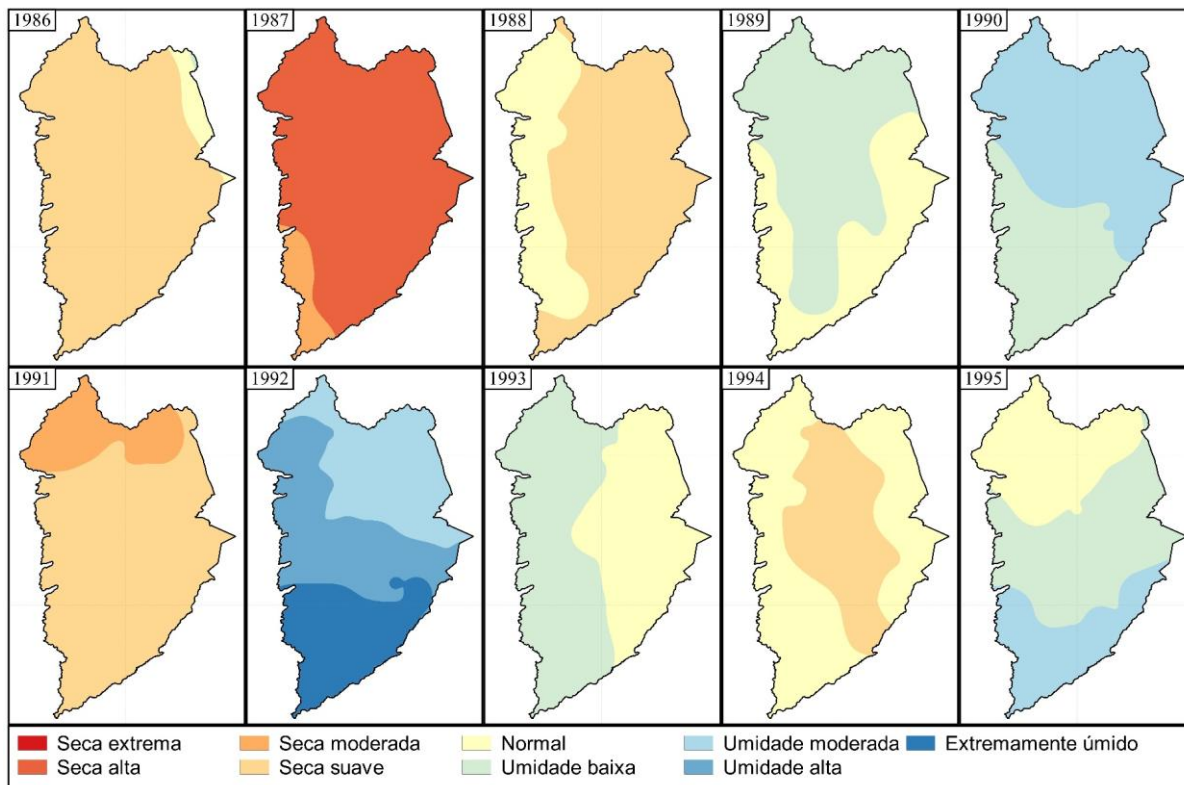


Figura 3. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) do mês de fevereiro para os anos de 1986 a 1995 na mesorregião do Extremo Oeste da Bahia.

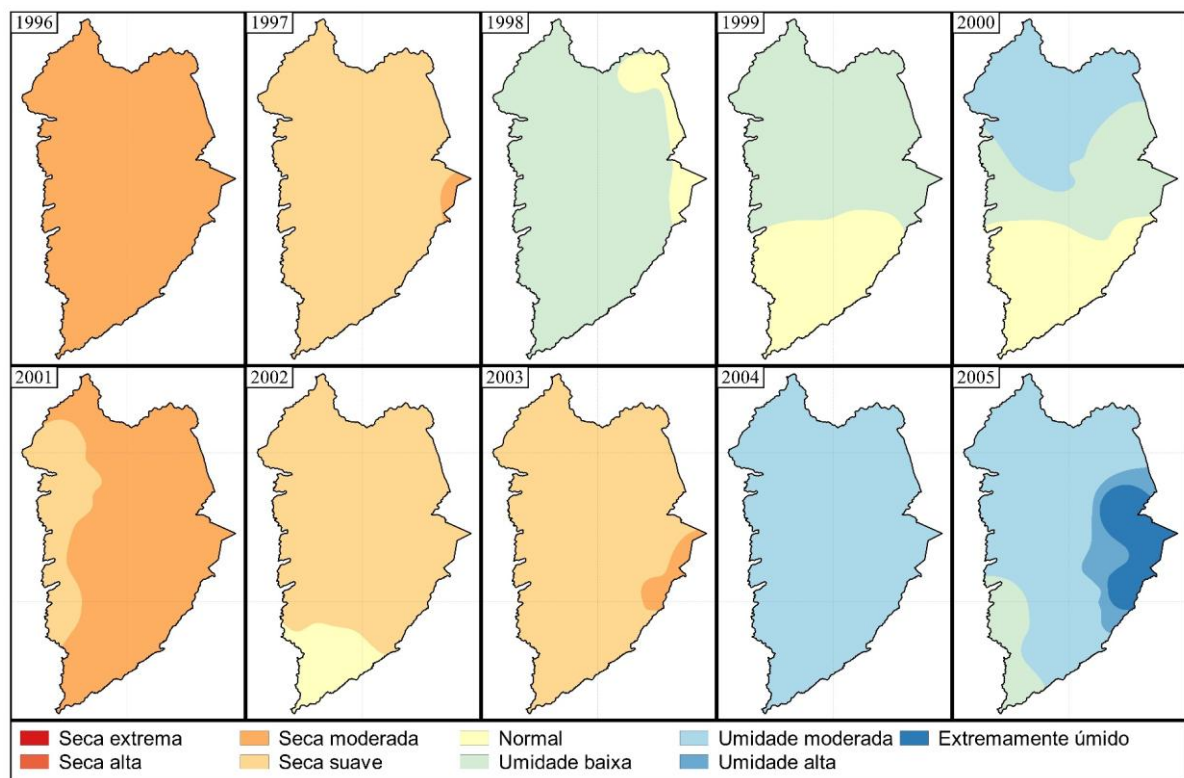


Figura 4. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) do mês de fevereiro para os anos de 1996 a 2005 na mesorregião do Extremo Oeste da Bahia.

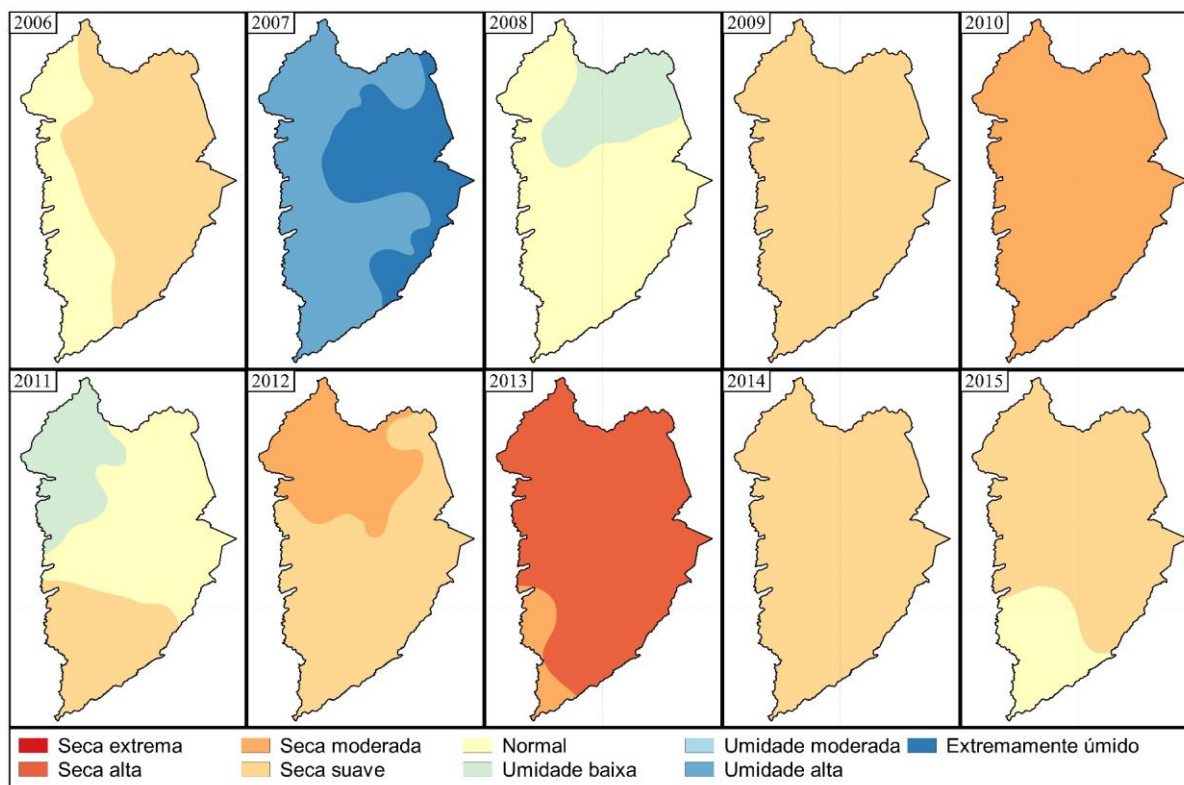


Figura 5. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) do mês de fevereiro para os anos de 1996 a 2005 na mesorregião do Extremo Oeste da Bahia.

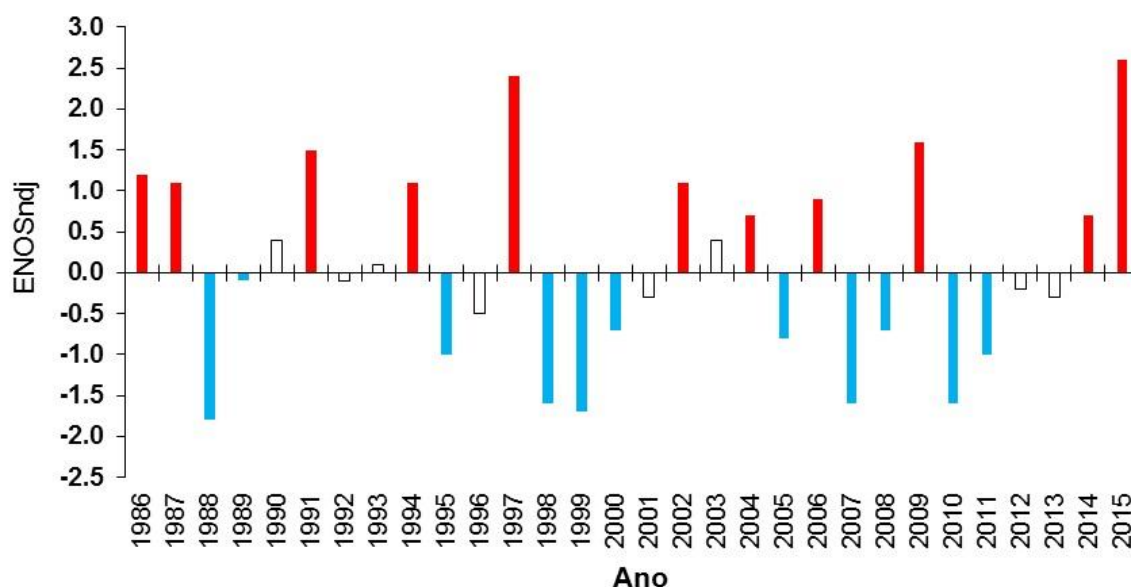


Figura 6. Ocorrência de fenômenos ENOSndj no período de 1986 a 2015.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Observou-se um maior variabilidade ao longo da estação chuvosa, indicando que, dentro da estação de cultivo, tende a ocorrer os eventos secos em maior frequência, podendo atingir o período crítico da cultura (florescimento).

A região é marcada por uma variabilidade espaço-temporal dos valores de IAC do mês de fevereiro, com comportamento diferente entre eventos secos e úmidos. A luz desse fato, nos anos de maior contribuição das anomalias negativos (eventos de seca) percebeu-se uma predominância da variabilidade espacial no sentido leste para o oeste, tendo as menores anomalias negativas no lado oeste e as maiores anomalias negativas no

lado leste da região Oeste da Bahia. Já para as anomalias positivas (eventos úmidos) percebeu-se uma predominância da variabilidade espacial no sentido do sul para o norte da região.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AIBA. Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. Anuário da Safra 2017/2018 do Oeste da Bahia. 2019. <http://aiba.org.br/wp-content/uploads/2019/06/Anu%C3%A1rio-2019-Portugu%C3%AAs-Digital.pdf> Acesso em 10 de junho de 2019.

ALMEIDA, R. P. O.; SÁNCHEZ, L. E.; Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54, 2005. Disponível em:<<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/Download/13101/pdf>>. Acesso em 02 de março de 2019.

ARAÚJO, L. E. et al. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água - Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v.4, n.3, p.93-110, 2009.

BITTENCOURT et al. **Distribuição espacial da chuva em fazendas de soja e algodão no extremo oeste da Bahia**, 2013. Disponível em:<<http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/12.distribuicao-espacial-da-chuva-em-fazendas-de-soja-e-algodao-no-extremo-oeste-da-bahia.pdf>> Acesso: 21 Julho 2017.

BUUREN .V, S., OUDSHOORN , K.G. MICE: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. **Journal of Statistical Software**, v.45, n.3, 1-67, 2011.

GROSS, J. A.; CASSOL, R. Índice de anomalia de chuva do estado o Rio Grande do Sul. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.11 n.3 p. 529 - 543 Set./Dez. 2015.

GURJÃO C. D. S. et al. Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no regime hidrológico do rio São Francisco: uma análise em regiões com fortes pressões antrópicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 4, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuvas do Estado do Tocantins. **Revista Geo-Ambiente**, Jataí, n. 19, p. 55-71, 2012.

ROSSETI, L. A. Agricultural zoning: asseming the risks of agriculture and providing trustworthy pointers for sustainable regional developement. In: Workshop Making Sustainable Regional Development Visible, **Proceedings...**, Áustria, p. 13-15, 2000. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v27n2/a05v27n2>> Acesso em 17 de maio de 2019.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 51, p.73-73, 2014.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do brasil **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, p. 163 - 172, 2012. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v27n2/a05v27n2> > Acesso em 17 de maio de 2019.

SILVA, V. P. R. et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; v. 15, n.2, p.131-138, 2011. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000200004>

TANAJURA, C. A. S.; GENZ, F.; ARAÚJO, H. A. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070 e 2100. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.3, 345-358, 2010.

POTENCIAL DE RISCO DE INCÊNDIO COM BASE EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

GEISIANE BARBOSA DO CARMO ARMENDRO¹; ANDREZA ARCANJO PUGER¹; ISABELLA ISIS LIMA DOS SANTOS¹; IAGO ANDERSEN DE OLIVEIRA CAMPOS¹; MICHELLE YUMI TATIBANA¹
Autor para correspondência: geisiane.beirario@gmail.com

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

RESUMO

Neste trabalho foi analisado o risco de incêndios florestais usando a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) no município de Nova Ubiratã - MT. Assim foi possível analisar interferência do clima no potencial de incêndios florestais visto que a FMA considera variáveis climáticas importante para determinar o risco em uma determinada região, considerando que quanto maior o período sem chuva maior será o grau de risco de incêndio. Conhecer os períodos com maior probabilidade de incêndios possibilita ações de prevenção e contenção de incêndios florestais.

PALAVRAS-CHAVE: CLIMA; FÓRMULA DE MONTE ALEGRE; INCÊNDIOS FLORESTAIS

POTENTIAL OF FIRE RISK BASED ON CLIMATE CONDITIONS

ABSTRACT

In this work the risk of forest fires using the Monte Alegre Alterada Formula (FMA +) in the region of Nova Ubiratã - MT was analyzed. Thus, it was possible to analyze the influence of the climate on the potential of forest fires since the FMA considers important climatic variables to determine the risk in a given region, considering that the longer the period without rain, the greater the fire risk. Knowing the periods with the highest probability of fires enables actions to prevent and contain forest fires.

KEY-WORDS: CLIMATE; FORMULA OF MONTE ALEGRE; FOREST FIRES

INTRODUÇÃO

A ocorrência de incêndios florestais está relacionada com as condições atmosféricas locais. Estas condições meteorológicas definem a época do ano com maior potencial para facilitar o início e a propagação do incêndio, e conseqüentemente, possibilitar uma maior incidência de incêndios.

Os eventos climáticos e os fenômenos com eles relacionados, exercem influência direta ou indireta sobre os incêndios florestais, assim se faz necessário um estudo detalhado do clima, a fim de compreender suas várias influências em incêndios florestais (MACEDO e SARDINHA, 1985).

Os índices de previsão de incêndios florestais são utilizados no planejamento e gestão da prevenção e combate aos incêndios, entretanto, não existe um parâmetro definido que avalie a eficiência destes índices.

Uma forma de avaliar o grau de perigo de incêndios é utilizando a Fórmula de Monte Alegre e a Fórmula de Monte Alegre Alterada possibilitando avaliar o potencial de incêndios em diferentes épocas do ano.

A Fórmula de Monte Alegre (FMA) (Soares,1972, Soares 1998) foi o primeiro índice de perigo de incêndio do país, hoje é utilizada por várias instituições para auxiliar na estimativa do grau de risco de incêndio promovendo as ações de prevenção e combate. Ela considera que quanto maior for a sequência de dias com a umidade relativa baixa e sem chuva, maior será o risco climático de incêndio florestal. Posteriormente a FMA foi adaptada para Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) introduzindo a velocidade do vento como fator de propagação do incêndio.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral do trabalho foi analisar o grau de perigo de incêndios mensalmente com base na Fórmula de Monte Alegre no município de Nova Uiratã/MT no período de 2015 a 2017.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área em estudo

O município em estudo foi Nova Uiratã município pertencente ao estado do Mato Grosso, com coordenada geográfica de referência 12°59'26" Sul e 55°05'17" Oeste, com altitude de 400 metros.

O município foi elevado à categoria de município em 1995 sendo desmembrada das cidades de Vera e Sorriso. Atualmente sua população está estimada em 11.074 habitantes segundo o IBGE (2016) e a área aproximada é de 12.695 km². Nova Uiratã é o terceiro maior produtor de grãos do estado, com uma área destinada a agricultura com cerca de 400 mil hectares, principalmente a soja, seguido pelo milho e algodão. O município é cortado pelas BR-242/MT e BR-163/MT facilitando o escoamento dos grãos produzidos para os portos de Miritituba, Santarém, Santos e Paranaguá.

Avaliação do grau de perigo de incêndio

O grau de perigo de incêndio foi avaliado com base na variação da Fórmula de Monte Alegre (FMA) (Soares, 1972) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) Nunes (2005). A FMA utiliza como variável direta a umidade relativa do ar, sujeito a um fator restritivo, a precipitação pluviométrica.

A Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) desenvolvida por Nunes (2005) propôs uma alteração no índice FMA original (Soares, 1972) inserindo a variável velocidade do vento, para prever uma indicação da intensidade de propagação do fogo.

O Quadro 1 apresenta a classificação do grau de perigo de incêndios com base na variação de FMA e FMA+.

Valor de FMA	Valor de FMA+	Grau de Perigo
≤ 1,0	≤ 3,0	Nulo
1,1 a 3,0	3,1 a 8,0	Pequeno
3,1 a 8,0	8,1 a 14,0	Médio
8,1 a 20,0	14,1 a 24,0	Alto
≥ 20,0	≥ 24,0	Muito Alto

Fonte: Nunes (2005).

Os dados meteorológicos utilizados para a determinação da FMA e FMA+ foram obtidos no site do Instituto de Nacional de Meteorologia (INMET). As variáveis utilizadas foram velocidade do vento, umidade relativa

do ar e precipitação pluviométrica. A estação meteorológica foi a de Água Limpa código A929 (13°24'S; 54°45'W, altitude 518 m). Os dados foram disponibilizados em médias horárias.

Dados de focos de calor detectados

Para tanto, foram utilizados dados do INPE/Queimadas, focos de calor detectados pelo AQUA/MODIS "satélite de referência" resolução espacial de 1 km, com análises espaciais efetuadas no software ArcGIS 10.5® da Environmental System Research Institute - ESRI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos, verificou-se que nos quatro primeiros meses dos anos de 2015, 2016 e 2017 o grau de risco foi "pequeno" de acordo com as condições da FMA+.

Já nos meses junho a setembro requer maior atenção e alerta, pois o grau de risco para esses meses fora predominantemente "muito alto", o que sugere que medidas de prevenção e ações rápidas sejam previstas para solucionar o possível foco de calor. Nos meses de outubro a dezembro o que predominou foi o risco "pequeno", devido a relação entre o grau de risco de incêndios com o período de chuvas na região, pois a FMA+ considera que quanto maior for a umidade relativa do ar menor será o grau de risco de incêndio.

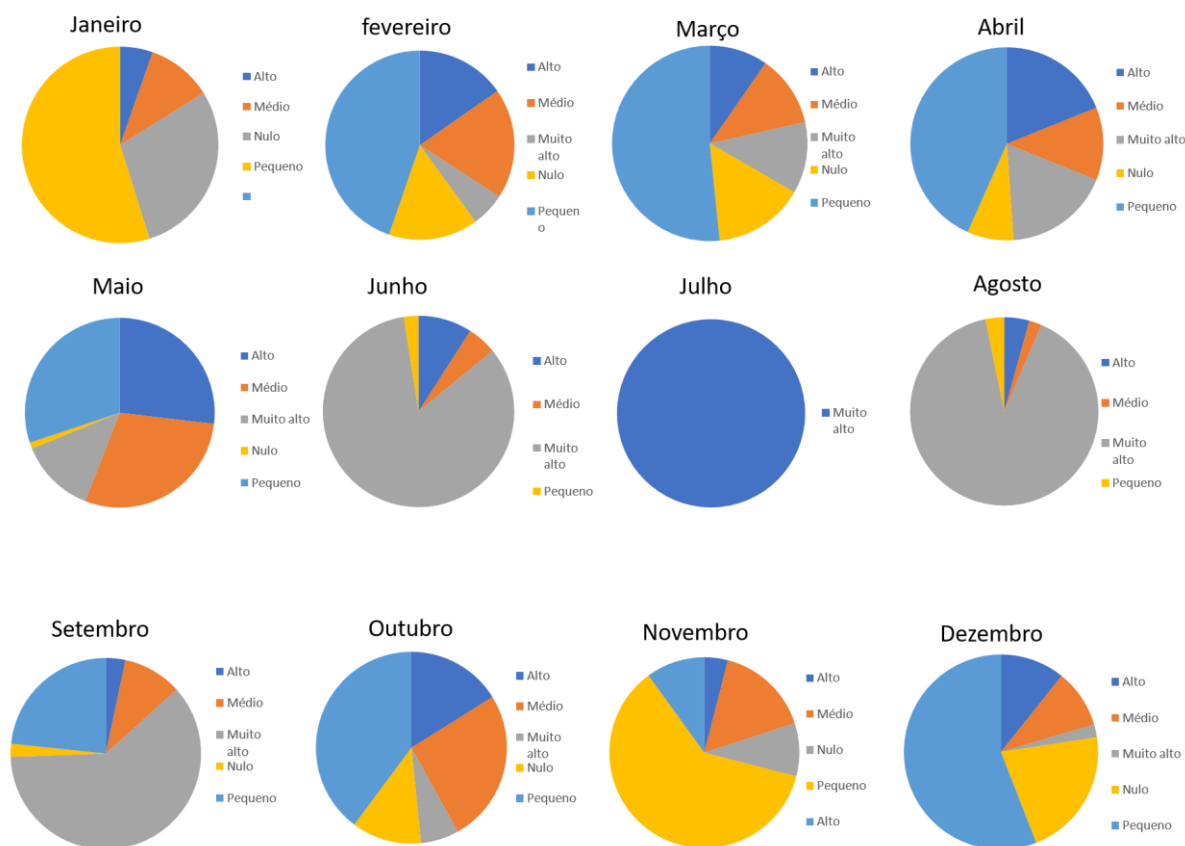


Figura 1: Média mensal do Grau de Perigo (risco de incêndio) de acordo com FMA+ no período de 2015 a 2017.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De acordo com a análise dos dados, conclui-se que o índice da Fórmula de Monte Alegre Alterada apresenta desempenho significativo, proporcionando saber quais os meses com maiores índices de risco de incêndio. Esse conhecimento possibilita ação tanto preventiva quanto em combate ao incêndio.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Ajuste da Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA+ para o estado do Paraná. Revista Floresta, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2007. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/floresta/issue/archive>>. Acesso em :14 jun.2019.

MUDANÇA NA COBERTURA E USO DO SOLO E FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ/MT

Michelle Yumi Tatibana¹; Vanusa de Souza Pacheco Hoki²; Ian Felipe Cabral³; Luciana Sanches¹; Jean Carlos Pinto de Arruda Oliveira¹
Autor para correspondência: michelleyumi28@gmail.com

¹Universidade Federal de Mato Grosso; ²Universidade de Cuiabá; ³Batalhão de Emergências Ambientais

RESUMO

Nova Ubitatã é um município da região central do Brasil, onde a mudança no uso do solo tem sido observada e a agropecuária está surgindo a cada dia. Assim, a justificativa deste estudo foi avaliar as mudanças na cobertura e uso do solo em Nova Ubitatã/MT nos anos de 1987 a 2017. A quantificação da dinâmica espacial e temporal das mudanças na cobertura e uso do solo foi realizada usando algoritmo de classificação (disponível pelo Mapbiomes Project e, os focos de calor foram quantificados usando um algoritmo desenvolvido por sensoriamento remoto (disponível pelo INPE) nos biomas Amazônia e Savana. O aumento na área de agricultura e pastagens foi observado de 1987 a 2017. Por outro lado, a área de florestas teve a tendência a um declínio, enquanto as fontes de calor aumentaram especialmente em setembro. Provavelmente, a razão por trás dessa mudança foi o desenvolvimento econômico, no entanto, este desmatamento resultou em uma ampla alteração na qualidade ambiental que deve ser entendida para planejar um programa melhor para prevenir e combater os incêndios florestais na região.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia; Cerrado; Incêndios Florestais

LAND USE AND LAND COVER CHANGE AND HEAT SOURCES AT THE MUNICIPALITY OF NOVA UBIRATÃ/MT

ABSTRACT

Nova Ubitatã is a municipality in the centre region of Brazil, where change in land use has been observed and farming are emerging every day. Thus, the rationale of this study was to evaluate land use/cover changes in Nova Ubitatã/MT from 1987 to 2017. Quantification of spatial and temporal dynamics of land use/cover changes was accomplished and classifying them via classification algorithm (available by Mapbiomes Project) and the heat sources was quantified via algorithm developed using sensing remote (available by INPE) in Amazonian and Savanna biomes. The increase was observed in agriculture and pasture area from 1987 to 2017. On the other hand, forest area followed a declining trend while the heat sources increased especially in the September. Probably the driving force behind this change was economic development, however this deforestation resulted in a wide alteration in environmental quality which must be understood to plan a better program to prevent and combat wildfire in the region.

KEY-WORDS: Amazonian; Savana; Wildfire

INTRODUÇÃO

O desmatamento em grandes proporções muda as características termodinâmicas da baixa atmosfera do clima regional e global. Atualmente, as pesquisas se concentram em entender o potencial de incremento do

desmatamento no futuro e os mecanismos de retroalimentação entre desmatamento, queimadas e secas (SILVA, 2019; ARAGÃO et al., 2013). O desmatamento relacionado com as atividades antrópicas influencia no aumento do risco de incêndios, quais as condições dos materiais combustíveis disponíveis (MBANZE et al., 2017). O fogo na Amazônia Brasileira é responsável pela emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa por vários processos distintos, incluindo a queimada de floresta nas áreas que estão sendo desmatadas para agricultura e pecuária, incêndios florestais e queimada de capoeiras, pastagens, e diferentes tipos de savanas (FERNASIDE, 2002).

As mudanças no uso do solo ocasionam alterações nos processos atmosféricos críticos como a microfísica de nuvens, alterando o padrão de precipitação, afetam emissões de gases biogênicos importantes para a formação de partículas e nuvens. A importância em se compreender a evolução da mudança do uso e cobertura do solo e sua relação com a ocorrência de queimadas e incêndios florestais possibilita um plano de estratégia para a prevenção e combate a incêndios.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi analisar a evolução espaço-temporal das mudanças na cobertura e uso do solo durante 1987 a 2017 e a sua relação do número de focos de calor associados aos biomas Amazônia e Cerrado nos anos 2007 e 2017 no município de Nova Ubiratã/MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e descrição da área em estudo

A área em estudo foi o município de Nova Ubiratã, estado de Mato Grosso (coordenadas de referência 12°59'26" Sul e 55°15'17" Oeste, altitude de 400 m), com uma população estimada para 2018 em 11.074 habitantes (2010 - IBGE). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município de Nova Ubiratã/MT, segundo o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi 0,669.

Dados cobertura e uso do solo

Os dados de cobertura e uso do solo foram obtidos junto ao Projeto MapBiomas que é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto encontra-se em <http://mapbiomas.org>. Foram analisados dados de 1987 a 2017.

Dados de focos de calor

ArcGIS 10.5®. A área estudada foi delimitada de acordo com relatório da SEMA-MT com identificação da cidade de Nova Ubiratã-MT, como insumos dados geoespaciais disponibilizados de forma gratuita na rede mundial de computadores. Os focos de calor foram obtidos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a malha municipal no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os limites das áreas de queimadas controladas do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), a malha rodoviária, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), os limites das unidades de conservação, do Ministério do Meio Ambiente (MMA). O software a ser utilizado foi o ArcGis 10.5®. Os dados de focos de calor foram obtidos a partir do Banco de Dados de Queimadas (BDQ), apresentando os focos recentes detectados com o “satélite de referência”, AQUA-MT, sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), resolução espacial de 1km² (1km x 1km), passagem do início da tarde, no ano de 2007 e 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação espaço-temporal da cobertura e uso do solo – 1985 a 2017

Ao avaliar a cobertura e uso do solo no Município de Nova Ubiratã durante os anos de 1987 a 2017 constata-se que, com o decorrer dos anos houve um aumento significativo da agropecuária e, conseqüentemente, a diminuição da cobertura vegetal na região (Figura 1). A agropecuária na região inclui a pecuária e a agricultura de cultivo perene.

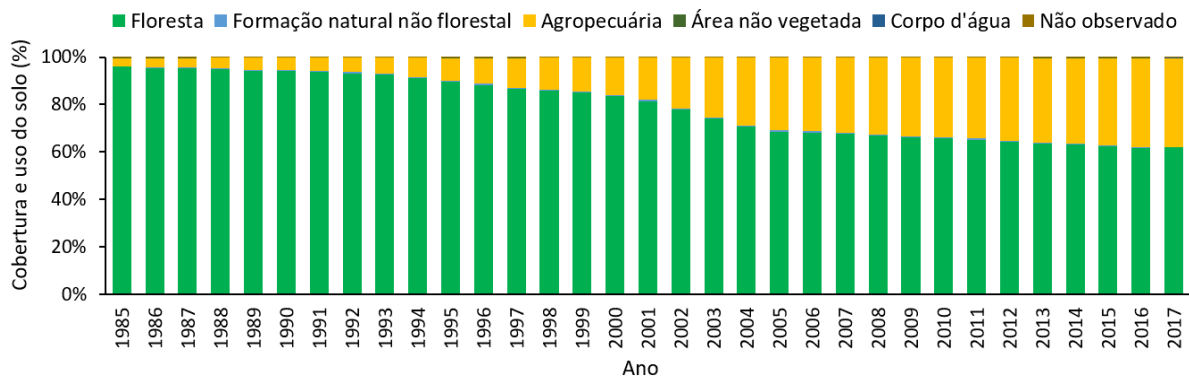


Figura 1: Cobertura e uso do solo (%) no município de Nova Ubiratã/MT no período de 1985 a 2017.

Figura 1: Cobertura e uso do solo (%) no município de Nova Ubiratã/MT no período de 1985 a 2017.

A Figura 2 apresenta mapas da cobertura do solo nos anos 1987, 1997, 2007 e 2017, em que foi possível averiguar o aumento e o tipo de uso do solo no município, principalmente na região Sul de Nova Ubiratã, na qual se concentra a maior área destinada à agropecuária.

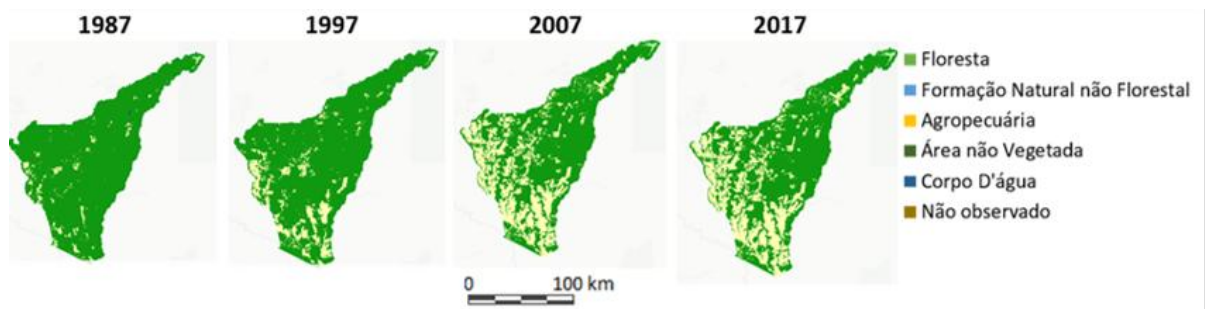


Figura 2: Mapa da cobertura e uso do solo (%) no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.

Figura 2: Mapa da cobertura e uso do solo (%) no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.

Com relação à cobertura vegetal, a maior parte da área analisada era ocupada por Formação Florestal e Savânica. No entanto, no decorrer dos anos foi possível perceber um aumento significativo da Agricultura (no caso, Agricultura Perene) e Pastagem (Figura 3). Com isso, constatou-se que a ação antrópica foi um dos responsáveis pela diminuição da cobertura vegetal ao longo destes 30 anos.

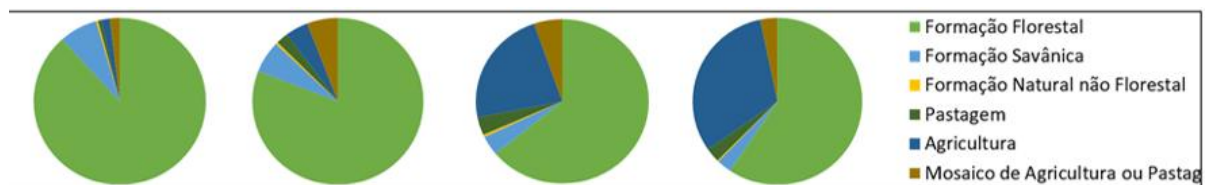


Figura 3: Mapa da cobertura e uso do solo (%) no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.

Figura 3: Mapa da cobertura e uso do solo (%) no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.

Variação anual dos focos de calor nos biomas Amazônia e Cerrado em 2007 a 2017

A área compreendida pelo município de Nova Ubiratã é composta pelo Bioma Amazônia e Cerrado, sendo o Bioma Amazônia predominante na região e o mais afetado pelos focos de calor. Constata-se que o maior número de focos de calor registrados foi durante os meses de Junho, Agosto e Setembro, mesmo período em que acontece a período proibitivo para queimadas (Figura 4). Outro ponto a ser analisado foram as práticas de limpeza da área para estabelecimento da Agropecuária que, na maioria das vezes utilizam o fogo como principal instrumento; contribuindo para o aumento da emissão de gases e, conseqüentemente com o aumento do efeito estufa.

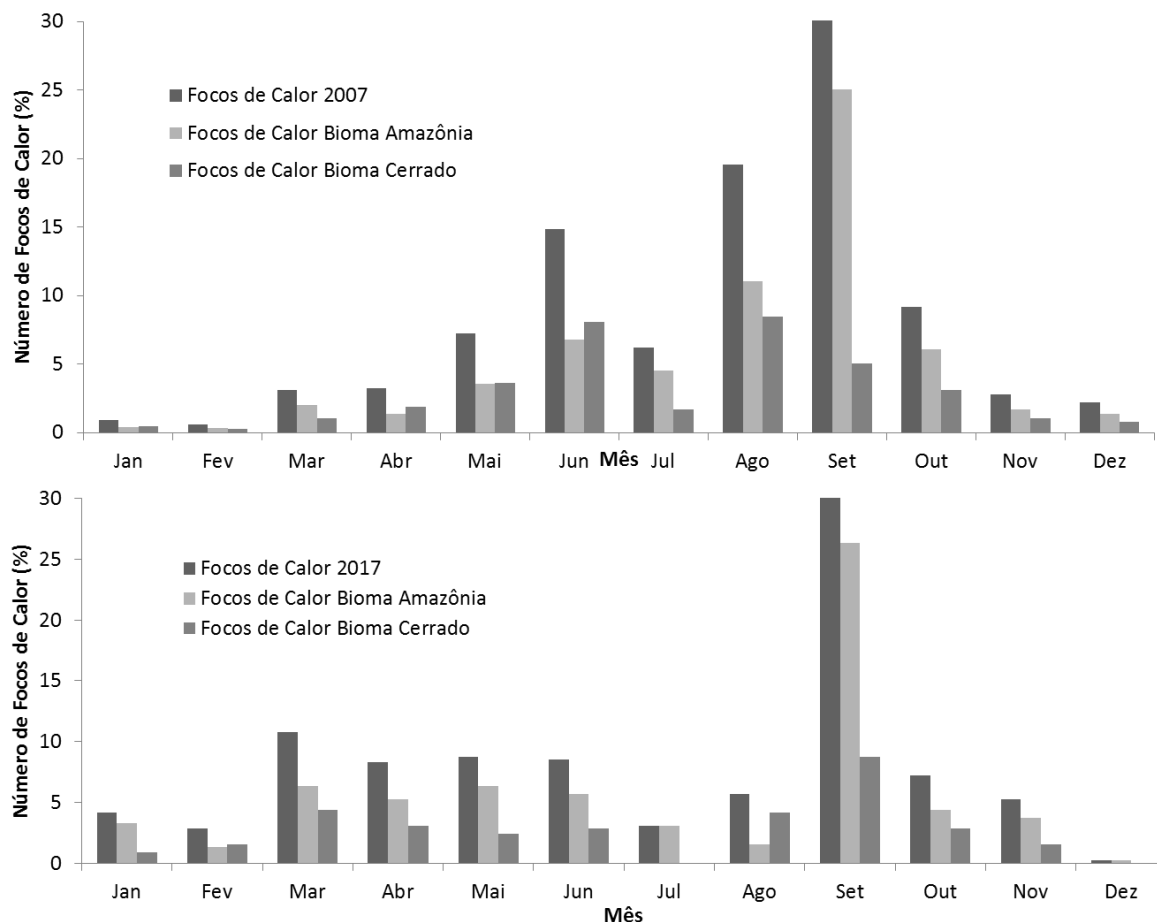


Figura 4: Número de focos de calor mensais nos biomas Amazônia e Cerrado no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 2007 e 2017.

Figura 4: Número de focos de calor mensais nos biomas Amazônia e Cerrado no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 2007 e 2017.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que a diminuição da cobertura vegetal, a queimada e os incêndios florestais ocasionam mudanças na cobertura e uso do solo em todo o sistema natural como a diminuição da formação de nuvens, aumento da emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, aumento da quantidade de radiação solar que incide na atmosfera.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AFONSO MBANZE, Aires et al. DESEMPENHO DOS ÍNDICES DE NESTEROV E FÓRMULA DE MONTE ALEGRE NO DISTRITO DE LICHINGA, NORTE DE MOÇAMBIQUE. *Ciência Florestal* (01039954), v. 27, n. 2, 2017.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Frequência de queimadas durante secas recentes. *BORMA, LS; NOBRE, CA Eventos climáticos extremos na Amazônia: Causas e conseqüências*, v. 13, 2016.

FEARNSIDE, Philip M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 99-123, 2002.

SILVA, Helder José Farias da. Análise dos efeitos do desmatamento na evapotranspiração e na microfísica das nuvens utilizando dados de sensoriamento remoto para Amazônia. 2019.

ANÁLISE DE PADRÕES DE SECA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇÚ NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Pedro Vieira de Azevedo¹; Madson Tavares Silva²; Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão²; Kamilla Souza Santos²; Santana Lívia de Lima²

Autor para correspondência: pvdeazevedo@gmail.com

¹Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN; ²Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

RESUMO

Em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil (NEB), secas severas têm elevados impactos socioeconômicos e ambientais. Neste estudo, as características espaço-temporais das secas na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu (BHRPA) foram avaliadas com base no índice padronizado de precipitação e evapotranspiração (SPEI), derivado de dados empíricos regionais. Este índice foi usado para comparar o padrão espacial de eventos de seca (suave a extremo) dos últimos 70 anos. Valores de SPEI < -1,0 que configuram classificações de seca moderada à seca extrema totalizam 51% das estimativas para o período em análise, refletindo a evolução das condições de seca na BHRPA. O período de 1972 à 1978 foi identificado como a maior sequência úmida na BHRPA, com valores de SPEI > 1,0 (1974-1976), bem como o período configurado por secas extremas SPEI < -2,0 (2002-2006). O índice SPEI-3 apresentou potencial para monitoramento de seca na BHRPA, devido à sua simplicidade e característica multiescalar para quantificar períodos úmidos e períodos secos. No contexto da gestão do risco de seca, informações como essas são relevantes para subsidiar ações que mitigam os impactos da seca.

PALAVRAS-CHAVE: Nordeste do Brasil; variabilidade climática; recursos hídricos

ANALYSIS OF DROUGHT PATTERNS IN THE RIO PIRANHAS-AÇÚ BASIN IN THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT

In semi-arid regions in the Northeast of Brazil (NEB), severe droughts have high socioeconomic and environmental impacts. In this study, the spatiotemporal characteristics of the droughts in the Piranhas-Açu River basin (BHRPA) were evaluated based on the Standard Index of Precipitation and Evapotranspiration (SPEI) derived from regional empirical data. This index was used to compare the spatial pattern of droughts (mild to extreme) events of the last 70 years. SPEI-3 < -1.0 values that configure moderate to extreme droughts ranks total 51% of the estimates for the period under analysis, reflecting the evolution of drought conditions in the BHRPA. The period from 1972 to 1978 was identified as the largest wet sequence in the BHRPA, with SPEI values > 1.0 (1974-1976), as well as the period configured by extreme dry SPEI-3 < -2.0 (2002-2006). The SPEI-3 index presented potential for BHRPA drought monitoring due to its simplicity and multiscale characteristics to quantify wet periods and dry periods. In the context of drought risk management, information such as these is relevant to subsidize actions that mitigate drought impacts.

KEY-WORDS: Northeast Brazil; climatic variability; water resources

INTRODUÇÃO

A seca é uma das principais causas de danos agrícolas, econômicos e ambientais. Os efeitos da seca são visivelmente observáveis após um longo período de escassez hídrica tornando muito difícil determinar o seu início, extensão e fim. Dessa forma é notória a dificuldade em quantificar objetivamente as características dos eventos de seca em termos de intensidade, magnitude, duração e extensão espacial.

Em situações de mudanças de condições climáticas, os eventos extremos como enchentes e secas, parecem ocorrer com mais frequência (Labudová et al., 2017; Li et al., 2017; Gao et al., 2018). Dentre os fenômenos climáticos mais complexos em particular a seca destaca-se por ser extremamente recorrente na superfície do nosso planeta (Tian et al., 2018) e por impactar sobre várias áreas, principalmente os recursos hídricos, agricultura, ecossistemas naturais e sociedade (Lu et al., 2011; Xu et al., 2015).

Conforme Keyantash e Dracup (2002), a seca é vista como o desastre natural mais caro do mundo, sendo a responsável por uma média de \$6 a \$8 bilhões em prejuízos anuais. Para o reconhecimento da severidade da seca é necessário à utilização de uma metodologia que também identifique os pontos mais críticos, com a finalidade de ajudar as autoridades a tomar medidas mitigadoras, objetivando minimizar seus impactos (Guedes et al., 2012).

Ademais, as secas também podem ser descritas como eventos excepcionais que incidem sobre áreas espalhadas ao redor do globo, causando efeitos sociais e econômicos nocivos, tais como doenças ligadas à má qualidade da água consumida pela população ou perdas nas lavouras de sequeiro e nos rebanhos, sobretudo nas áreas cuja pecuária é realizada de forma extensiva, tendo em vista sua dependência quanto ao regime pluviométrico (Alpino et al., 2014).

De acordo com (Li et al., 2015; Wang et al., 2016), os padrões temporais podem configurar as secas e suas magnitudes, as quais podem ser classificadas como: secas meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica. As secas meteorológicas podem ser definidas como à situação de déficit de precipitação em relação aos valores normais de uma região. Cunha et al. (2018) associa à seca agrícola a seca meteorológica em decorrência das condições meteorológicas que propiciam uma maior taxa de evapotranspiração. A seca hidrológica é definida pela organização meteorológica mundial - WMO (2016) como resultante da diminuição da infiltração e do escoamento hídrico superficial e subterrâneo. Em contrapartida, a seca socioeconômica é caracterizada como a deficiência na demanda hídrica disponível a população, acarretando danos à mesma (WMO, 2016).

Segundo (Vicente-Serrano et al., 2012; Maca et al., 2016) vários índices de seca, calculados em função dos dados meteorológicos são amplamente utilizados para monitorar a evolução da seca. Dentre esses índices destacam-se o índice de severidade da seca de Palmer (PDSI), o índice de precipitação padronizado (SPI) e o Índice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração (SPEI). As aplicações do PDSI destacam-se pelo uso de um modelo de equilíbrio originalmente proposto por Palmer (Palmer, 1965) em que se definem as condições de umidade do ambiente como resultante do fornecimento de água (precipitação) e da demanda evaporativa (ETp). No entanto, as dificuldades de aplicação do PDSI resultam em suas grandezas escalares, o que inviabiliza sua utilização para avaliar tipos de secas que ocorreram em diferentes escalas espaço-temporais (Chen & Sun, 2015).

McKee et al. (1993) utilizaram a abordagem de precipitação probabilística para desenvolver o SPI. Os autores tomaram como premissa as facilidades nas estimativas e aplicações do índice. Todavia, o SPI é calculado usando apenas dados mensais de precipitação, ignorando amplamente os mecanismos pelos quais as secas se desenvolvem, principalmente no tocante das condições térmicas e demandas evapopluiométricas da atmosfera.

Vicente-Serrano et al. (2010) propuseram o SPEI, como alternativa para estimativa da umidade do solo para períodos curtos e, para longo prazo, o armazenamento de água subterrânea. O índice baseia-se na precipitação e dados de temperatura do ar (Vicente-Serrano et al., 2012). Assim, tal índice considera tanto a precipitação quanto observações da temperatura do ar combinando assim a sensibilidade do PDSI para mudanças na demanda evaporativa com a simplicidade do cômputo e a natureza multitemporal do SPI (Li et al., 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste estudo foi avaliado e analisado as condições de seca meteorológica com escala de tempo de 3 meses na BHRPA, usando valores do SPEI para 3 meses (SPEI-3).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado apenas nos domínios do estado do Rio Grande do Norte (RN) que detêm cerca de (40%) da área total da bacia hidrográfica do Rio Piranhas – Açu (BHRPA) - Figura 1. A BHRPA é a maior unidade da região hidrográfica do atlântico nordeste oriental, correspondendo a 15% de sua área total, o que equivale a uma área de drenagem de 43.681,50 km² (MMA, 2006). A BHRPA tem sua nascente na Serra de Piancó na Paraíba e desemboca próximo à cidade de Macau, no RN. A bacia hidrográfica é composta por rios intermitentes em condições naturais e é perenizada por dois reservatórios de regularização: Coremas - Mãe d'Água, na PB, e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no RN. A BHRPA está totalmente inserida em território semiárido, com precipitações médias variando entre 400 e 800 mm anuais, concentradas entre os meses de fevereiro e maio (PRH, 2013).

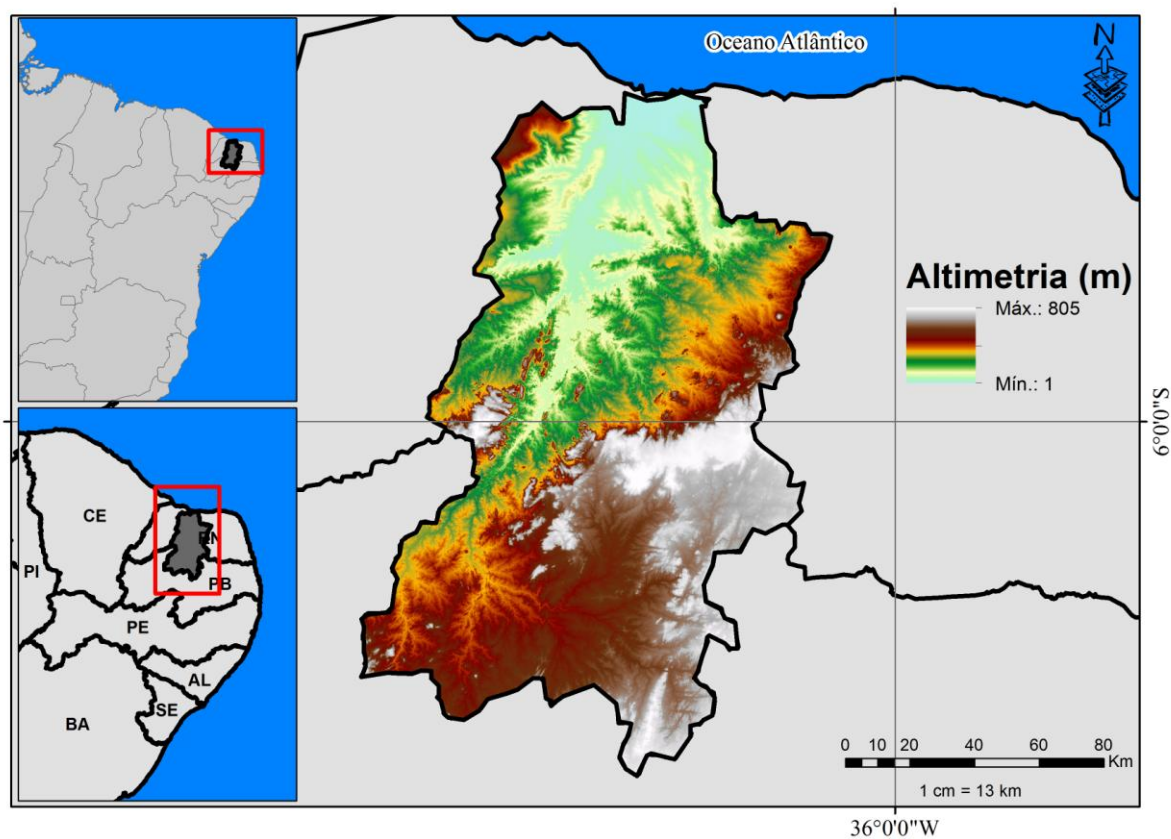


Figura 1. Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu (BHRPA).

Base de dados

Foram utilizados valores médios mensais de onze estações climatológicas inseridas na área de estudo e monitoradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para estas localidades foram utilizadas séries temporais do período de 1950-2018.

Índice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração (SPEI)

O índice padronizado de precipitação e evapotranspiração (SPEI) foi obtido como função da diferença entre a precipitação pluvial (P) e a evapotranspiração potencial (ETp), estimado assim para descrever a severidade das condições de seca em determinada região (Lee et al., 2017).

Na presente pesquisa a ETp foi estimada a partir da equação de Thornthwaite, como descrito em (Ometto et al., 1981), como segue nas Eqs. (1-4):

$$ETP = 16K \left(\frac{10T}{I} \right)^m \quad (1)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514} \quad (2)$$

$$K = \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{NDM}{30} \right) \quad (3)$$

$$m = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,492 \quad (4)$$

em que: ETp é a evapotranspiração potencial; T é a temperatura média mensal (°C); I é o índice de calor, que é calculado como a soma de 12 valores mensais do índice (i); i é derivado da temperatura média mensal; K é um coeficiente de correção, calculado em função da latitude e mês, e m é um coeficiente baseado no índice de calor I; NDM é o número de dias do mês e N é o número máximo de horas de sol.

E assim, a medida simples do excedente ou déficit de água para o mês em análise foi expressa pela diferença (D_i) entre a precipitação pluvial (P_i) e a evapotranspiração potencial (ETP_i) para o mês i obtido a partir da Eq. (5):

$$D_i = P_i - ETP_i \quad (5)$$

Os valores de D_i calculados foram agregados em diferentes escalas de tempo para detecção de padrões temporais da seca (Eq. 6). Sendo assim, os valores SPEI são calculados para as escalas mensal, trimestral, semestral e anual, especificados como SPEI-1, SPEI-3, SPEI-6 e SPEI-12, respectivamente.

$$D_n^k = \sum_{i=0}^{k-1} (P_{n-1-i} - ETP_{n-1-i}), \quad n \geq k \quad (6)$$

em que: n é a frequência de cálculo e k é a escala de tempo.

O balanço hídrico, expresso por D_i é então normalizado usando a função densidade de probabilidade da distribuição log-logística para calcular a série temporal do SPEI, como segue a Eq.(7):

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \left(1 + \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta} \right)^{-2} \quad (7)$$

em que: α , β e γ são parâmetros de escala, forma e origem, respectivamente, para valores de D no intervalo ($\gamma > D < \infty$).

A função de distribuição de probabilidade $F(x)$ da série temporal do índice D_i é então definida como Eq.8:

$$F(x) = \int_0^x f(t)dt = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^\beta \right]^{-1} \quad (8)$$

O SPEI (Eq. 9) pode ser facilmente obtido como os valores padronizados de $F(x)$ segundo (Vicente-Serrano et al., 2010; Li et al., 2015) como:

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (9)$$

em que: $W = (-2\ln(p))^{0,5}$, para $p \leq 0,5$, sendo p a probabilidade de exceder um valor D determinado, $p = 1 - F(x)$. Se $p > 0,5$, p é substituído por $1-p$ e o sinal do SPEI resultante é invertido. As constantes são: $C_0 = 2,515517$, $C_1 = 0,802853$, $C_2 = 0,010328$, $d_1 = 1,432788$, $d_2 = 0,189269$, $d_3 = 0,001308$.

Assim, SPEI torna-se uma variável padronizada, com média 0 e o desvio padrão 1 e pode ser comparado com outros valores de SPEI ao longo do tempo e do espaço. A Tabela 1 destaca as categorias de seca de acordo com os valores do SPEI (Mckee et al., 1993; Tan et al.,2015).

Classificação da seca	SPEI
Sem seca	$\geq -0,5$
Seca suave	(-1,0 a -0,5)
Seca moderada	(-1,5 a -1,0)
Seca severa	(-2,0 a -1,5)
Seca extrema	$\leq -2,0$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variações Temporais em Condições de Seca

Os valores mínimos do SPEI-3, calculados em escala de tempo de 3 meses) para cada ano foram utilizados para a configuração das condições de seca meteorológica no período de 1950 à 2018 e são apresentados na Fig.2. De acordo com metodologia a descrita acima, os valores SPEI-3 de 11 postos de observações foram calculados para o período de 1950–2018 visando avaliar as condições de escassez (seca) ou de oferta hídrica (úmido) na BHRPA. A partir das estimativas do SPEI-3 foi possível verificar que os episódios “sem seca” totalizaram apenas 15 observações (21,7%), o intervalo de SPEI-3 compreendido entre (-1,0 e -0,5) totalizaram 27,5% e representam 19 episódios de seca suave. Para valores de SPEI-3 $< -1,0$, compreendendo seca moderada à seca extrema, totalizam 51% das estimativas para o período em análise, refletindo a evolução das condições de seca na BHRPA. Uma característica importante da seca vista na Figura 2 é a tendência de se tornar mais expansiva durante eventos fortes de El Niño (por exemplo, 1982–1983, 1992–1993, 1997-1998).

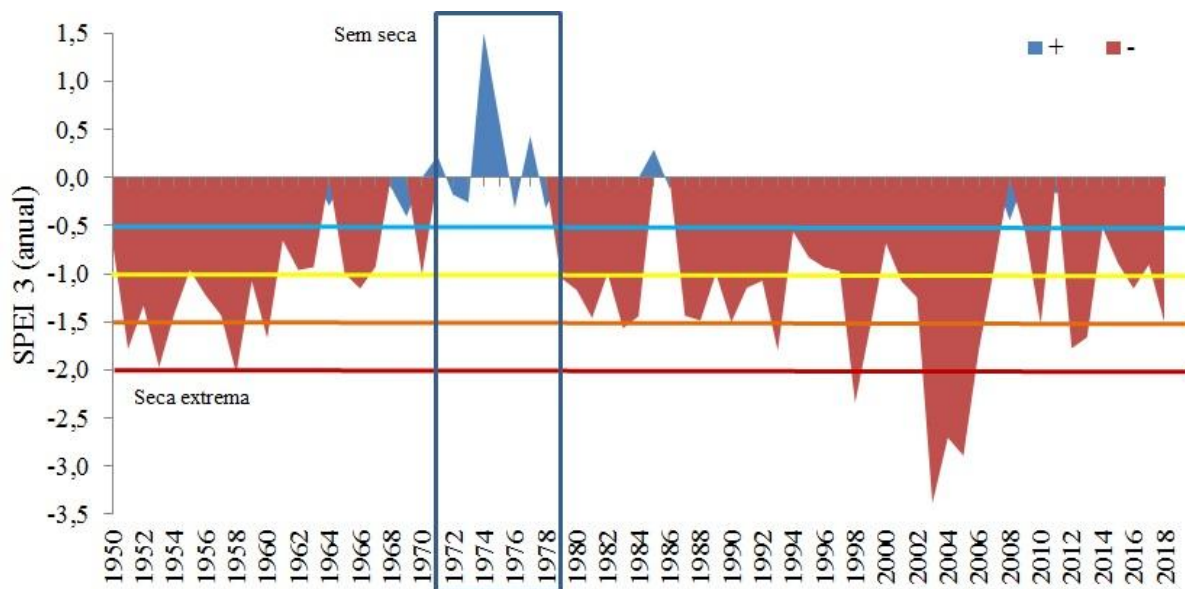


Figura 2: Variabilidade anual média dos valores mínimos do SPEI3 na BHRPA para o período de 1950–2018.

Destaca-se ainda na (Figura 2) o período de 1972 à 1978 como a maior sequência úmida na BHRPA, em que são verificados valores de SPEI-3 > 1,0 (1974-1976), bem como o período configurado por secas extremas SPEI-3 < -2,0 (2002-2006). Em geral, observa-se ausência de flutuações em torno da linha de escala “-0,5”, configurando condições permanentes de déficit hídrico na área de estudo. Todavia as análises de características de seca de curto prazo demonstram principalmente a variabilidade sazonal das precipitações no estado do Rio Grande do Norte.

Para ilustrar a distribuição de eventos de seca em diferentes décadas compreendidas no período em análise foram agrupadas as médias dos postos de observação do SPEI-3 na BHRPA (Figura 3). A partir do agrupamento de informações apresentadas na Fig.3 foi possível visualizar a variabilidade espacial dos valores do SPEI na área de estudo, principalmente ao período de 3 meses (SPEI 3) que refere-se aos déficits hídricos sazonais causados pelas secas (Silva, 2004).

Segundo (Hounsou-Gbo et al., 2016) a dependência de regimes pluviométricos mais homogêneos no semiárido do nordeste do Brasil (NEB) é diretamente relacionado com a migração anômala para o Norte da Zona de Convergência do Inter Tropical (ZCIT) soma-se ainda à ocorrência simultânea de anomalias positivas na Temperatura da Superfície do Mar (+ATSM) no Atlântico tropical Norte e (-ATSM) anomalias negativas Atlântico tropical Sul, tais configurações podem agravar ainda mais o estado de seca no NEB.

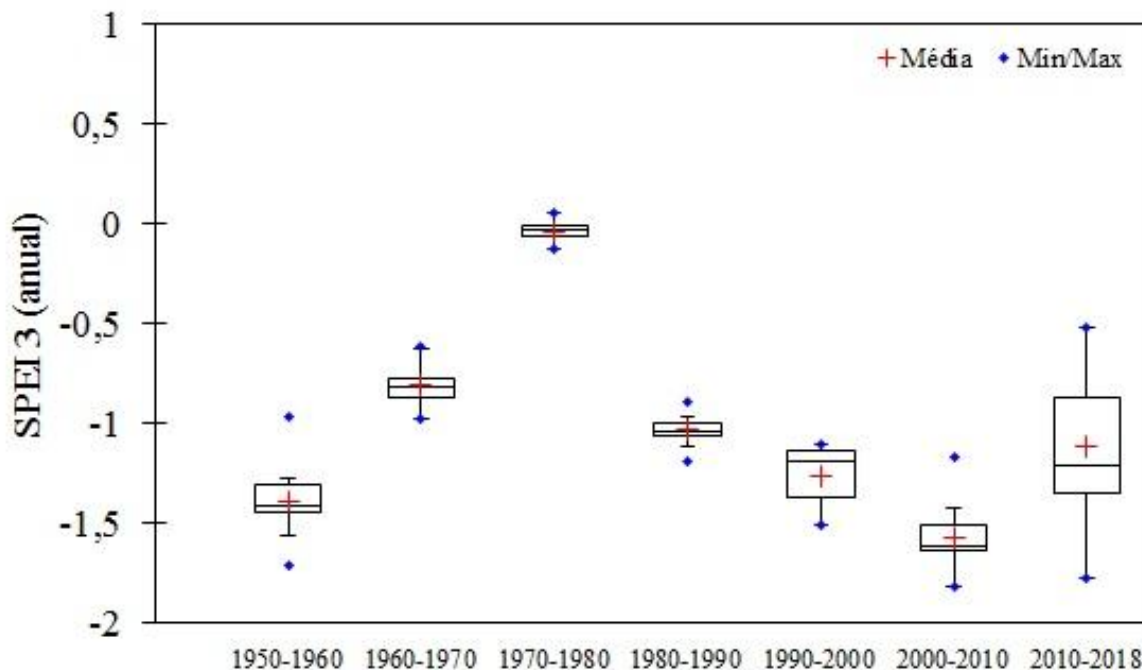


Figura 3: Variabilidade decadal média dos valores mínimos do SPEI-3 na BHRPA para o período de 1950–2018.

Ainda de acordo com a Fig.3, verifica-se que os padrões de ausência de seca foram mais presente na década de 1970-1980, mostrando também uma menor variabilidade do SPEI-3. Todavia, a frequência de secas suaves e secas moderadas são verificadas para todos os demais períodos. Ainda de acordo com a Fig.3 é possível verificar a maior amplitude (-1,78 e -0,52) de SPEI-3 para o período de 2010-2018. Tal fato pode ser explicado por condições mais severas em termos de extensão espacial do fenômeno da seca destacando o período 2012–2013, em que a seca foi caracterizada por impactos generalizados, atingindo 46% da área terrestre do NEB (Cunha et al., 2018).

O fenômeno da seca ainda deve ser relacionado à combinação de maior degradação da terra (Tomasella et al., 2018) em função da retirada da cobertura do solo para exploração da vegetação nativa. Sendo assim, cada vez mais são necessários estudos que projetem cenários de intensificação da seca em regiões semiáridas no NEB.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O índice SPEI-3 apresentou potencial para a caracterização da seca na BHRPA, devido à sua simplicidade e característica multiescalar para quantificar períodos úmidos e secos. No entanto, existe a dependência de registros confiáveis oriundos de estações pluviométricas e climatológicas que permitam o cômputo da ETp por métodos mais robustos. No contexto da gestão do risco de seca, informações como essas são relevantes para subsidiar ações que mitigam os impactos da seca.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro a esta pesquisa (Processo N°. 409499/2018-8). E ao Grupo de Pesquisas em Geotecnologias e modelagem de risco ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG pelo apoio técnico e científico.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Alpino, T. M. A.; Freitas, C. M.; Costa, A. M. Seca como um desastre. Revista Ciência & Trópico, v. 38, n. 2, p.109-134, 2014.

- Chen, H.; Sun, J. Changes in drought characteristics over China using the standardized precipitation evapotranspiration index, *Journal of Climate*, v. 28, n. 13, p. 5430–5447, 2015.
- Cunha, A.P.M.A.; Tomasella, J.; Ribeiro-Neto, G.G.; Brown, M.; Garcia, S.R.; Brito, S.B.; Carvalho, M.A. Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. *Atmos. Sci. Lett.*, v. 19, p. 855–862, 2018.
- Gao C.; Chen, H.; Sun, S. A potential predictor of multiseason droughts in Southwest China: soil moisture and its memory. *Natural Hazards*, v. 91, n. 2, p. 553–566, 2018.
- Guedes, R. V. S.; Macedo, M. J. H.; Sousa, F. A. S. Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 23, p. 55-65, São Paulo, 2012.
- Hounsou-Gbo, G.A.; Servain, J.; Araujo, M.; Martins, E.S.; Bourles, B.; Canaix, G. Oceanic indices for forecasting seasonal rainfall over the northern part of Brazilian northeast. *American Journal of Climate Change*, v. 5, p. 261–274, 2016.
- Keyantash J.; Dracup J. A. *The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices*. American Meteorological Society, v. 83, p. 1167–1180, Berkeley, California, 2002.
- Labudová, L.; Labuda, M.; Taká?, J. Comparison of SPI and SPEI applicability for drought impact assessment on crop production in the Danubian Lowland and the East Slovakian Lowland. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 128, n. 1-2, p. 491–506, 2017.
- Lee, S.-H.; Yoo, S.-H.; Choi, J.-Y.; Bae, S. Assessment of the impact of climate change on drought characteristics in the Hwanghae Plain, North Korea using time series SPI and SPEI: 1981–2100. *Water*, v. 9, n. 8, p. 579-598, 2017.
- Li, X.; He, B.; Quan, X.; Liao, Z.; Bai, Z. Use of the standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) to characterize the drying trend in southwest China from 1982–2012. *Remote Sensing*, v. 7, n. 8, p. 10917–10937, 2015.
- Li, B.; Liang, Z.; Zhang, J.; Wang, G. A revised drought index based on precipitation and pan evaporation. *International Journal of Climatology*, v. 37, n. 2, p. 793–801, 2017.
- Lu, E.; Luo, Y. L.; Zhang, R. H.; Wu, Q. X. Liu, L. P. Regional atmospheric anomalies responsible for the 2009-2010 severe drought in China. *Journal of Geophysical Research- Atmosphere*, v. 116, p. 1-11, 2011.
- Maca, P.; Pech, P. Forecasting SPEI and SPI drought indices using the integrated artificial neural networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, v. 2016, 17 pages, 2016.
- Mckee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration of time scales,” in 8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim, CA, USA, January 1993.
- MMA, 2006. PNRH – Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília. 240 p.
- Ometto, J. C. *Bioclimatologia Vegetal*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 440p. 1981.
- Palmer, W. *Meteorological Drought*, US Department of Commerce Weather Bureau Research Paper, Washington, DC, USA, 1965.

PRH. Plano de recursos hídricos da bacia do rio Piranhas-Açu. Relatório Parcial. IBI, 2013. 989 p.

Silva, V.P.R. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 58, p. 575–596, 2004.

Tan, C.; Yang, J.; Li, M. Temporal-spatial variation of drought indicated by SPI and SPEI in Ningxia Hui autonomous region, China. *Atmosphere*, v. 6, n. 10, p. 1399–1421, 2015.

Tian, L.; Yuan, S.; Quiring, S. M. Evaluation of six índices for monitoring agricultural drought in the south-central United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 249, p. 107–119, 2018.

Tomasella, J.; Vieira, R.M.S.P.; Barbosa, A.A.; Rodriguez, D.A.; Santana, M.O.; Sestini, M.F. Desertification trends in the northeast of Brazil over the period 2000–2016. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 73, p. 197–206, 2018.

Vicente-Serrano, S. M.; Beguería, S.; López-Moreno, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 2010.

Vicente-Serrano, S. M.; Beguería, S.; Lorenzo-Lacruz, J. Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions*, v. 16, n. 10, p. 1–27, 2012.

Wang, Y.; Zhang, J.; Guo, E.; Dong, Z.; Quan, L. Estimation of variability characteristics of regional drought during 1964–2013 in Horqin Sandy Land, China. *Water*, v. 8, n. 11, p. 543, 2016.

World Meteorological Organization (WMO). Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. 2016.

Xu, K.; Yang, D.; Yang, H.; Li, Z.; Qin, Y.; Shen, Y. Spatiotemporal variation of drought in China during 1961–2012: a climatic perspective. *Journal of Hydrology*, v. 526, p. 253–264, 2015.

RETRATAÇÃO DOS ASPECTOS E DE EVENTOS CLIMÁTICOS DE GOIÂNIA PELA MÍDIA: CONTEXTUALIZAÇÃO E POTENCIALIDADES DE USO NO AMBIENTE ESCOLAR

Vitor Pereira Cruz¹; Nicali Bleyer Ferreira dos Santos¹; Diego Tarley Ferreira Nascimento²
Autor para correspondência: vitorpc97@gmail.com

¹Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás); ²Universidade Federal de Goiás (UFG)

RESUMO

As matérias de jornais retratam aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais que contemplam o cotidiano das pessoas. Nesse contexto, as notícias de jornais corriqueiramente trazem à tona aspectos, eventos e fenômenos climáticos que, para além do objetivo informativo, contemplam um considerável potencial de utilização enquanto recurso pedagógico no ambiente escolar. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral o de apresentar como os aspectos, os eventos e fenômenos climáticos têm sido retratados pela mídia e, de modo complementar, discutir as possibilidades do trabalho pedagógico a partir do uso de tais notícias. Para tanto, foram empregadas técnicas de documentação indireta, a partir do levantamento de notícias e reportagens no banco de dados da plataforma virtual do jornal O Popular, tendo como referência algumas palavras chaves e o recorte temporal de 2016 a 2018. De forma geral, as notícias, demonstram as possibilidades de integração com conteúdo sobre modificações do tempo atmosférico, diferença entre tempo e clima, índices pluviométricos, temperaturas, umidade relativa do ar, e algumas vezes, correlacionam os fenômenos climáticos, aos transtornos urbanos, como alagamentos, enxurradas, inundações, problemas no trânsito, queda de árvores, etc.

PALAVRAS-CHAVE: Jornal; Clima; Ensino

PORTRAITATION OF THE ASPECTS AND CLIMATE EVENTS OF GOIÂNIA BY THE MEDIA: CONTEXTUALIZATION AND POTENTIALITIES OF USE IN THE SCHOOL ENVIRONMENT

ABSTRACT

The newspaper articles portray social, economic, cultural and environmental aspects that contemplate the daily life of people. In this context, newspaper news commonly brings to light aspects, events and climatic phenomena that, in addition to the informational objective, contemplate a considerable potential of use as a pedagogical resource in the school environment. Thus, the present work has the general objective of presenting how aspects, events and climatic phenomena have been portrayed by the media and, in a complementary way, to discuss the possibilities of pedagogical work from the use of such news. For that, indirect documentation techniques were employed, based on the survey of news and reports in the database of the virtual platform of the newspaper O Popular, having as reference some key words and the time cut from 2016 to 2018. In general, the news, show the possibilities of integration with content on weather changes, differences between weather and climate, rainfall indexes, temperatures, relative humidity and sometimes correlate climatic phenomena with urban disturbances such as floods, floods, floods, problems in traffic, falling trees, etc.

KEY-WORDS: Media; Climate; Teaching

INTRODUÇÃO

Comumente, lemos matérias no jornal, digitais ou impressos, sobre eventos climáticos como chuvas torrenciais, baixa umidade do ar e circulação de massas de ar, que alteram as condições do tempo de uma determinada localidade. No entanto, não associamos os fatos apresentados aos conceitos e às teorias científicas relacionada à Climatologia.

Para Fortuna (2010), compreender a climatologia é fazer a ligação entre o entendimento da nossa realidade social e histórica com o ambiente em que vivemos. Nesse sentido, associar a vivência social e os conhecimentos da vida cotidiana aos conhecimentos escolares e científicos. Dessa forma, podemos, literalmente, sentir os eventos climáticos, vivenciá-los em nosso espaço, e perceber como eles interferem em nosso local de moradia ou nas práticas de nosso cotidiano.

Castro (1997 apud STEINKE, 2012) afirma que estudar a climatologia possui uma grande importância, já que seus conhecimentos auxiliam na explicação de inúmeros fenômenos cotidianos, desde a cor do céu, às chuvas da tarde. Valorizar o conceito de tempo e de clima no processo de ensino-aprendizagem subsidia a apreensão e o entendimento de como as condições momentâneas do tempo atmosférico e os aspectos do clima atuam na configuração e dinâmica do espaço geográfico.

Quando pensamos na importância da articulação entre as práticas cotidianas e o letramento científico, logo associamos ao processo de ensino e aprendizagem no ambiente escolar. É na escola que as primeiras noções raciocínio espacial e a percepção e compreensão do espaço e suas múltiplas relações sociais acontecem. Neste cenário, o papel do professor na interlocução e intermediação do conhecimento é fundamental para mediar o envolvimento e a identificação das diferentes formas do saber e o modo que essas formas são construídas com metodologias e práticas (SAVIANI, 1997). A partir desse entendimento, fica clara a necessidade de se utilizar as experiências vividas como uma prática pedagógica, uma vez que permite abstrair os conceitos com base em experiências diárias.

Assim, percebe-se a necessidade de utilizar práticas pedagógicas que resgatem as experiências de vida de alunos, delegando para o professor, um trabalho que vai além do uso de materiais prontos, como o livro didático, por exemplo. A ideia de unir práticas cotidianas com a discussão sobre a ciência, visa tornar o ensino menos enfadonho e mais crítico, potencializando a abstração de conceitos (ROLDÃO, 2014).

Além do livro didático, existem outras possibilidades que podem ser utilizadas para o trabalho pedagógico, bem como diferentes linguagens que podem potencializar o processo de ensino e aprendizagem, como gêneros textuais, recursos audiovisuais, linguagem cartográfica, notícias, etc. A múltipla linguagem em seu uso escola traz a possibilidade de auxiliar o trabalho pedagógico do professor na elaboração e confecção desses materiais didáticos (JUNIOR et al., 2012).

Nesse contexto, uma ferramenta importante e presente nos dias atuais, e a disposição para o uso pedagógico, é o sistema midiático, que se apresenta de maneira dinâmica e em diferentes plataformas: digital, impresso, televisionado, rádio, etc. Sobre isso, Souza e Queiroz (2012) apontam que:

As notícias de jornal são excelentes oportunidades para os professores debaterem com os alunos a maneira como eles percebem o mundo em que vivem, compreendendo as relações do homem com a natureza, as relações do homem em sociedade e as consequências dessas relações na formação do espaço vivido por esses alunos (SOUZA; QUEIROZ, 2012, p. 69).

Dessa forma, entende-se que a notícia pode ser uma importante aliada na construção do conhecimento na sala de aula, uma vez que dá significado real às teorias e aos conceitos apresentados durante uma aula, servindo como uma ponte entre a realidade do cotidiano do aluno aos conhecimentos científicos (FARIA, 2013), proporcionando, assim, o letramento científico para que os estudantes possam compreender os aspectos naturais, sociais e tecnológicos do mundo em que vive, não apenas para interpreta-los, mas também para intervir neles.

Todavia, é importante deixar claro que, ao utilizar a notícia como instrumento de ensino para a climatologia, o professor deve ter um olhar crítico sobre o que está sendo apresentado nas diferentes mídias, já que estas, em função de sua própria natureza, tendem ter um menor rigor e criticidade científica (ABATE et al., 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Partindo dessas premissas, o presente trabalho tem como objetivo geral o de apresentar como os aspectos, os eventos e fenômenos climáticos têm sido retratados pela mídia e, de modo complementar, discutir as possibilidades do trabalho pedagógico a partir do uso de tais notícias.

MATERIAIS E MÉTODOS

De caráter exploratório e propositivo, o presente trabalho valeu de técnicas de documentação indireta, a partir do levantamento de notícias e reportagens no banco de dados da plataforma virtual do jornal O Popular, escolhido por representar o jornal de maior circulação da cidade de Goiânia, local de realização do estudo.

Para as buscas dos dados foram usadas como base de pesquisa as palavras-chaves: “evento extremo”, “fenômeno”, “temperatura”, “calor”, “frio”, “chuva”, “precipitação”, “alagamento”, “inundação”, “umidade”, “seco”, “vento” – entre outras associadas.

O recorte de temporal escolhido para a análise foi dos últimos 3 anos, ou seja, de 2016 a 2018. A escolha desse recorte temporal foi para obter um trabalho com caráter mais atual as notícias analisadas para o uso pedagógico. As notícias foram compiladas em transcrição digital, e catalogadas as informações referentes ao evento/fenômeno ocorrido, à data de ocorrência e à repercussão/impacto associado.

Além de elencar as notícias pela data de divulgação, pelo título e o aspecto/elemento/evento/fenômeno climático associado, são apresentadas seis possibilidades de trabalho pedagógico tendo como base seis reportagens selecionadas, de modo a contemplarem os diferentes elementos climáticos e fenômenos associados recorrentes em Goiânia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre 2016 e 2018, constatou-se um total de 57 reportagens no jornal O Popular, sendo um total de 19 no ano de 2016, 23 no ano de 2017 e 15 em 2018. Os Quadros 1, 2 e 3 apresentam a relação de essas reportagens, com a data de publicação, o título da chamada, e o elemento/fenômeno representativo na notícia, de modo a apresentar um panorama geral do que foi publicado.

Quadro 1: Principais notícias sobre o clima em Goiânia no ano de 2016

Data	Título	Aspecto climático abordado pela notícia
18/01/2016	Chuva alaga shopping localizado no terminal rodoviário	Alagamento
13/02/2016	Frente subtropical chega hoje à tarde a Goiás	Massa de ar
14/02/2016	Lago do Vaca Brava transborda, carros são arrastados e motorista socorrido	Inundação
16/02/2016	Temporal assusta e causa estragos em Goiânia	Precipitação
12/03/2016	Zona de convergência causa chuvas no final de semana	Massa de Ar

11/04/2016	Goiânia registra dia mais quente em 55 anos	Temperatura
20/04/2016	Tempo seco como no inverno	El Niño
25/04/2016	Frente fria trará temperatura mínima de 16°C para Goiânia nos próximos dias	Massa de ar
13/06/2016	Setores Jaó e Aeroporto registraram 10°C durante a madrugada em Goiânia	Massa de ar polar
14/06/2016	Frio e neblina. Não parece, mas é Goiás	Massa de ar polar
20/07/2016	Com umidade a 15%, Inmet alerta para situação de perigo com tempo seco em Goiânia	Umidade relativa do ar
09/08/2016	Calor bate recorde em Goiânia nesta terça-feira	Temperatura
15/08/2016	Após quase 3 meses, volta a chover em Goiânia e leitores registam momento	Estiagem
19/08/2016	Termômetros chegarão a 12°C em Goiânia na próxima segunda-feira	Massa de ar
14/09/2016	Preparem as toalhas molhadas: Goiânia terá quatro dias de 38°C e umidade em estado de alerta	Massa de ar
30/09/2016	Eleição em clima quente: temperatura pode chegar a 37°C no fim de semana em Goiânia	Temperatura e baixa umidade relativa do ar
02/11/2016	Alerta para risco de tempestade com alagamentos, raios e ventos de 99 km/h nesta quinta	Precipitação
06/12/2016	Goiânia tem forte chuva, ruas inundadas e Registros de granizo em vários setores	Inundação

Fonte: O Popular. Organizado pelos autores.

Referente ao ano de 2016 observou-se que as reportagens modificam suas manchetes ao longo do ano, devido a dinâmica sazonal do clima em Goiânia que representa dois períodos bem marcantes: um quente e chuvoso e outro seco com quedas de temperatura. Nos primeiros meses, as notícias abordam o alto índice de pluviosidade e temperaturas elevadas. A partir do final do mês de abril, as notícias apresentam o tempo seco e dias com temperaturas baixas. A partir do mês de agosto, as notícias voltam a retratar ocorrências de tempestades e ventos fortes. Essas notícias mostram interessante possibilidade como instrumento de ensino, especialmente caracterizando a dinâmica climática de Goiânia, os conceitos de tempo e de clima e descrevendo os elementos e fenômenos climáticos associados.

Quadro 2: Principais notícias sobre o clima em Goiânia-GO no ano de 2017

Data	Título	Aspecto climático abordado pela notícia
16/02/2017	Apesar de chover quase 60% do esperado no mês, Goiânia tem dez dias com temperaturas acima de 30°C	Temperatura
24/02/2017	Granizo, enxurrada e alagamentos: Forte chuva em Goiânia causa	Precipitação

	estragos	
27/02/2017	INMET emite alerta de chuvas fortes e ventos de até 60 km/h em todo o estado	Ventos
01/04/2017	Alagamento, acidentes e queda de árvores devido à chuva	Precipitação
21/04/2017	Goiânia tem maior volume de chuva em 24h neste ano	Precipitação
24/04/2017	Goiânia registra a menor temperatura de 2017 nesta segunda-feira	Temperatura
26/04/2017	Massa de ar "inaugura" temporada de frio; temperatura pode chegar perto de 10°C	Massa de ar
27/04/2017	Temporal alaga ruas e causa nó no trânsito na tarde desta quinta em Goiânia	Precipitação
11/05/2017	Madrugada em Goiânia bate novo recorde de frio para 2017	Inversão térmica
05/06/2017	Meteorologia prevê temperaturas de até 13°C em Goiânia	Massa de ar
03/07/2017	Goiânia registra a 2ª temperatura mais baixa do ano; semana promete mais frio em Goiás	Massa de ar
04/07/2017	Goiânia registra 13°C, mas sensação térmica chega aos 5°C durante a madrugada desta terça	Massa de ar
18/07/2017	Madrugada desta terça-feira bate recorde de temperatura mais baixa do ano em Goiânia	Massa polar
04/08/2017	Onda de Calor chega e temperatura pode ir aos 33°C em Goiânia neste fim de semana	Temperatura
10/08/2017	INMET diz que umidade do ar atingiu o menor índice do ano em Goiânia	Massa de ar
14/08/2017	INMET emite alerta de perigo de baixa umidade em Goiás; índice pode chegar a 12%	Massa de ar
29/08/2017	Umidade do ar de Goiânia nesta terça-feira foi 3 vezes menor que a registrada no Deserto do Saara	Massa de ar
30/08/2017	Na véspera de completar 100 dias sem chuva, Goiânia bate novo recorde de temperatura em 2017	Temperatura
29/09/2017	Forte ventania chega de surpresa e derruba árvores em Goiânia	Ventos
10/10/2017	Calor recorde atinge 38°C em Goiânia e pode aumentar	Temperatura
13/10/2017	Com temperatura na casa do 40°C a umidade do ar em 10%, Inmet decreta perigo.	Massa de ar
14/10/2017	Temperatura em Goiânia recorde no ano e é a mais alta desde 2015	Temperatura
14/12/2017	Caos na cidade: ruas, túnel e hospital fica alagados em Goiânia e em Aparecida	Precipitação

Fonte: O Popular. Organizado pelos autores.

Para o ano de 2017, as primeiras manchetes do ano abordam casos de incidências de tempestades, temperaturas elevadas e ventos fortes. A partir do final de abril é visto recordes de temperaturas baixas, possivelmente associadas à entrada de frentes frias, e nos meses de agosto a outubro, ocorrências de altas temperaturas e extrema baixa umidade relativa do ar. No último mês do ano, é relatado um caso de alagamento na cidade, relacionado à volta do período chuvoso, com eventos extremos de precipitação. Essas notícias podem auxiliar ao aluno a reconhecer as repercussões do clima e de seus eventos extremos na saúde e na organização do espaço urbana, como a possibilidade de relacionar como os eventos extremos de precipitação causam problemas de mobilidade urbana.

Quadro 3: Principais notícias sobre o clima em Goiânia-GO no ano de 2018

Data	Título	Aspecto climático abordado pela notícia
19/01/2018	Está sentindo a pele mais ressecada? Não é à toa: Goiás está em estado de alerta para baixa umidade	Baixa umidade
22/02/2018	Chuva desta madrugada representou 1/3 do esperado para o mês	Chuva intensa
01/03/2018	Mês de fevereiro registra maior volume de chuva dos últimos cinco anos	Precipitação
05/04/2018	Em uma hora, chove 54% do esperado para o mês todo em Goiânia	Chuva forte
21/05/2018	Goiânia amanhece gelada e registra temperatura mais baixa do ano, diz site	Massa de ar fria
10/07/2018	Preparem as cobertas: previsão é de fazer 10°C nesta madrugada em Goiânia	Frente fria
19/07/2018	Com umidade perto de 20%, Inmet alerta para situação de perigo com tempo seco em Goiás	Baixa umidade
31/07/2018	Com umidade mais baixa que em deserto, Goiás entra em estado de “perigo”	Baixa umidade
02/08/2018	Inmet emite alerta de baixa umidade em Goiás	Baixa umidade
08/08/2018	Após 80 dias de estiagem, Goiânia registra forte chuva	Estiagem
13/08/2018	Inmet divulga alerta de emergência e umidade chega em 5% em Goiás	Baixa Umidade
10/09/2018	Com Umidade próxima dos 10%, tempo seco pode provocar sangramento e dor de cabeça em Goiás	Baixa Umidade
10/09/2018	Inferno ou Inverno? Goiânia pode chegar a 35°C e marcar 10% de umidade nesta terça	Temperatura elevada
12/09/2018	Calor bate recorde nesta quarta e Goiânia tem o dia mais quente do ano	Temperatura elevada
11/10/2018	Chuva com rajadas de vento de mais de 60 km/h causa estragos em	Tempestade

	Goiânia	
--	---------	--

Fonte: O popular. Organizado pelos autores.

Em 2018, se observa que interessantes condições, como pode ser visto na primeira notícia, a respeito de uma alerta de baixa umidade do ar em um mês típico de período chuvoso, possivelmente associado a ocorrência de veranicos e permanência de massa de ar de origem tropical e continental. O início do período mais frio em Goiânia é relatado no final de mês de maio e a baixa umidade relativa do ar, característica do período do outono e inverno, é retratada nos meses de agosto a setembro. No mês de outubro há uma ocorrência de tempestade com ventos fortes causando transtornos a cidade e caracterizando o período de retorno das chuvas. A partir das notícias apresentadas é possível discutir os elementos e fatores do clima, como a repercussão da atuação de massas de ar e de sistemas frontais no tempo atmosférico e na organização das atividades antrópicas, como o caso de nos agasalharmos perante baixas temperaturas e de tomarmos as devidas precauções com a baixa umidade do ar.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A catalogação das notícias publicadas pelo jornal O Popular entre 2016 e 2018 permite uma visão global das características climáticas de Goiânia e algumas possibilidades de trabalho pedagógico, em função do direcionamento do conteúdo, perceptível pelo título da chamada. De forma geral, as notícias, demonstram as possibilidades de integração com conteúdo sobre modificações do tempo atmosférico, diferença entre tempo e clima, índices pluviométricos, temperaturas, umidade relativa do ar, e algumas vezes, correlacionam os fenômenos climáticos, aos transtornos urbanos, como alagamentos, enxurradas, inundações, problemas no trânsito, queda de árvores, etc. Discorrem também sobre a atuação de massas de ar, que se traduzem num importante fator para a deflagração de eventos extremos e as repercussões socioambientais. Sobre o recorte espacial aproxima bem alunos e professores de sua realidade local, pois retratam assuntos relacionados à Goiás e a Goiânia.

Contudo, ressalvas devem ser feitas ao trabalho pedagógico do professor, ao devidamente buscar mediar as questões apresentadas na matéria, subsidiando reflexões sobre as questões apresentadas e não utilizar a notícia como único instrumento pedagógico. Dessa forma, fazemos sugestão de continuidade do trabalho, para que para além de destacar as potencialidades do trabalho pedagógico, apresente sugestões de sequências didáticas que foquem no efetivo uso das notícias no processo de ensino, de forma a assegurar uma aprendizagem significativa, associando conceitos teóricos com realidades vivenciadas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) ao fornecimento de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABATE, A. A; FERREIRA, G. V. N; APARECIDO, R. C. As Notícias de Jornais como Recursos Didáticos: Os Desastres de Natureza Hidrológica do Ponto de Vista da Geografia e da Mídia. **GeoAtos**, p. 2–16, 2017.

FARIA, M. A. O. **Como usar o jornal em sala de aula**. São Paulo: Contexto, p. 162, 2013.

FORTUNA, D. **As Abordagens da Climatologia nas Aulas de Geografia do Ensino Fundamental (segundo segmento):** Primeiras Impressões. Universidade Federal Fluminense-UFF, n. 4, p. 1–10, 2010. Disponível em: <http://www.uff.br/ivspsr/images/Artigos/ST12/ST12.1_Denizart_Fortuna.pdf>.

JUNIOR, A. M. de A. et al. A produção de Material Didático-Pedagógico em Geografia para o Ensino Fundamental: notas de uma experiência. **Revista PerCursos**, v. 13, n. 02, p. 75–93, 2012.

SAVIANI, D. A função docente e a produção do conhecimento. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 11, n. 21, p. 127-140, 1997.

STEINKE, E. T. Prática pedagógica em climatologia no Ensino Fundamental: sensações e representações do cotidiano. **Revista ACTA Geográfica**, p. 77–86, 2012.

SOUZA, C. R. F; QUEIROZ, A. M. D. A utilização dos meios de Comunicação no Ensino da Geografia. **Revista Eletrônica Georaguaia**, v. 2, p. 62–85, 2012

ROLDÃO, A. de F. Climatologia Geográfica no Ensino Fundamental Princípios Teóricos e Práticos. **Revista de Ensino de Geografia**, v. 5, p. 58–66, 2014.

ANALISE DESCRITIVA E IMPACTOS DA CHUVA OCORRIDA 19/09/2018 NA CIDADE DE CATALÃO-GO

Natália de Souza Santos¹; Rafael de Ávila Rodrigues¹
Autor para correspondência: natysouza77@hotmail.com

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

RESUMO

Neste trabalho analisou-se a precipitação na malha urbana de Catalão/GO, no dia 19 de setembro de 2018, na perspectiva de maior conhecimento sob a dinâmica do clima urbano, tendo como objetivo a distribuição da chuva nos pontos. Sendo realizado uma tabulação das Normais Climatológicas, aonde esperava-se para mês de Setembro - 41mm, os quais foram obtidos junto à Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Seguindo a coleta de dados pluviométricos para análise, foram instalados 7 pluviômetros em pontos distintos da cidade, resultando na média de 52,54mm. Consequentemente, os impactos ocorridos na principal avenida do centro da cidade por conta do alto índice pluviométrico.

PALAVRAS-CHAVE: análise; precipitação; clima urbano

ANALYSIS AND IMPACTS OF THE RAIN OCCURRED 09/19/2018, IN THE CITY OF CATALAO-GO

ABSTRACT

In this work the rainfall in the urban network of Catalao/GO was analyzed, on September 19, 2018, in the perspective of greater knowledge under the urban climate dynamics, aiming at the distribution of rain in the points. A tabulation of the Climatological Normals was carried out, where it was expected for September - 41mm, which were obtained from the Conventional Meteorological Station of the National Institute of Meteorology (INMET). After collecting precipitation data for analysis, 7 rain gauges were installed at different points in the city, resulting in an average of 52.54mm. Consequently, the impacts occurred on the main avenue of the city center due to the high rainfall index.

KEY-WORDS: analyse; precipitation; urban climate

INTRODUÇÃO

Em uma dada região o clima é considerado uma das características naturais marcantes (WOLLMANN e SIMIONI, 2013), sendo para o ambiente urbano em seus aspectos econômicos e socioambientais, o clima merece atenção especial. Compreendendo que o desenvolvimento das cidades traz um agravamento das condições de escoamento superficial, principalmente quando não há planejamento urbano adequado.

Conforme, Garcia e Vide (2000), os habitantes das cidades respiram e estão sujeitos a ventos e chuvas, mesmo que estes sejam alterados em relação às áreas em seu entorno, da mesma forma são afetados pelas mudanças de temperatura, umidade, entre outros elementos climáticos. Devido a constantes alterações nas

áreas urbanizadas, episódios de chuvas mais intensas podem provocar uma série de problemas à sociedade e ao poder público (DEGG, 1992; LA RED, 1993; MATTEDI, 1999).

Como ocorrido em diversas vezes na cidade de catalão, problemas ocasionados pelas chuvas intensas, decorrem da ausência de planejamento urbano, método como foi construído o escoamento da chuva, e ausência da compreensão de fatores ambientais e geomorfológicos da estrutura da cidade. Deste modo, deve-se analisar as questões climatológicas, quando esses problemas são decorrentes do mesmo. Nesse sentido, esta pesquisa ao considerar o clima, pretende-se mostrar um dos impactos advindos desse alto índice de pluviosidade que afetou de maneira drástica a população de catalão, com alagamentos, inundações e falecimento de moradores com enchente do córrego.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados nessa pesquisa 7 pluviômetros com capacidade de 150 mm, instalados na área urbana de Catalão (GO) nos bairros Pontal Norte (P1), ETA DIMIC (P2), Lazaro (P3), Jardim Paraiso (P4), Evelina Nour (P5), Residencial Olinda (P6) e Viveiro Agro Flora (P7). O modelo do pluviômetro do tipo *Ville de Paris*. Consiste em um aro circular de captação com 400cm², com um cone coletor, encimando um recipiente com capacidade de acumulação de cerca de 5 litros. Que representa 125 mm de altura da chuva captada. Dados fornecidos na plataforma digital do Instituto Brasileiro de Metrologia (INMET).



Figura 1 – Pluviômetro “*Ville de Paris*”

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com INMET a normal climatológica da cidade de Catalão para o mês de setembro, é de 41milímetros. Porém, a análise dos pluviômetros, indicaram o índice de precipitação acima dos 40mm, no dia 19 de setembro. Os dados provém: Estação

Convencional aberta em 01/01/1913; Lat 18.183333°/Long -47.95°; e Altitude 840.47m.

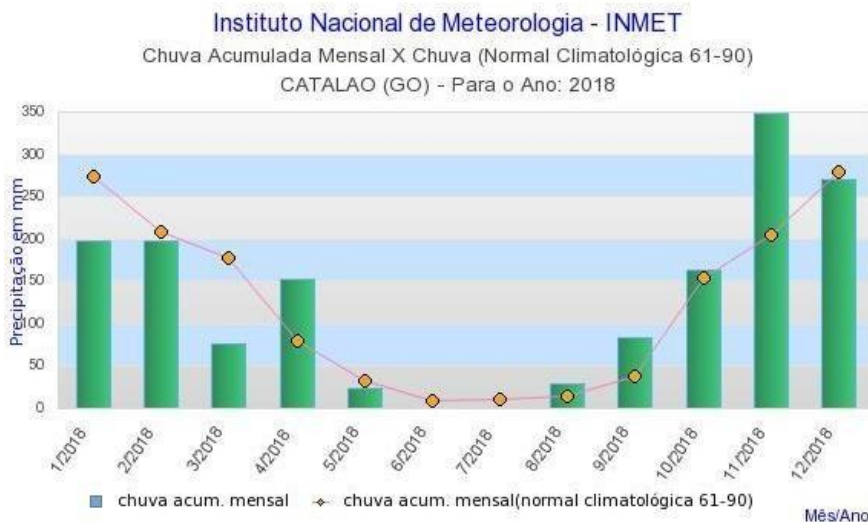
Tabela I – Normal Climatológica de Catalão-GO

Normal Climatológica do Brasil 1981-2010											
Precipitação Acumulada (mm)											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGS	SET	OUT	NOV	DEZ
282,9	196,2	224,6	70,2	34,8	8,1	5,3	15,4	41	115,7	178	277,4
Normal Climatológica do Brasil 1961-1990											
274,5	209,8	177,9	79,4	32,6	8,5	10,2	14,6	38,9	153,5	204,7	280,1

Fonte: INMET

De acordo com Normal Climatológica, ocorreu-se altas anomalias climáticas no mês de Novembro e Setembro; chovendo quase o dobro do esperado; aonde Janeiro e Março não atingiu as Normais. Sabendo que as mudanças climáticas ocorrem por consequência humana ou natural, decorrendo de atividades socio espaciais capitalistas; queima de combustíveis, atividades industriais, transporte, agropecuária, desmatamento e urbanização.

Figura 2 – Comparação entre chuva acumulada Mensal x Normal Climatológica 1961-1990



Fonte: INMET

Segundo Monteiro (1976, p. 95), o clima urbano configura-se como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Segundo essa visão e, de acordo com os estudos de Oke (2006), o conhecimento sob às características locais é relevante para as pesquisas do clima urbano, sendo estes os elementos importantes que lhe darão alteração. Assim, cabe mencionar que o clima urbano é a consequência das interações dos elementos que atingem o perímetro urbano, de forma a promover interferências no clima local.

Com a presença da grandes áreas urbanizadas, a ausência de árvores contribui para o aumento das temperaturas nessas faixas, o que se soma à presença do asfalto e do espelhamento de carros, que intensificam ainda mais essas ilhas de calor. Compreende-se os altos valores de precipitação, nos bairros com maior quantidade de estabelecimentos, maiores pavimentações, e urbanização; consequentemente o inverso, por exemplo Jardim Paraíso. Foi verificado a precipitação da estação automática no INMET, e nesse dia não há registros de dados pluviométricos na mesma. Aos dados coletados, percebe-se a distribuição da chuva, de acordo com pontos de análise, aonde maior volume de água, encontra-se no Pontal Norte 87,2 mm, ponto localizado ao Sudeste da cidade, e menor índice no Jardim Paraíso 27.5 mm, localizado ao oeste da cidade.

Tabela II – Distribuição da chuva no dia 19/09/2018 em Catalão-GO

Ponto de coleta	mm
Pontal Norte	87.2
ETA Dimic	39.9
Lázaro P.M	47.3
Jardim Paraíso	27.5
Evelina Nour	61.3
Residencial Olinda	62.1
Viveiro Agro Flora	42.5

Org.: SANTOS, S.N. 2018.

O amplo volume de água que caiu no município por pouco mais de uma hora, causou alagamentos de ruas e avenidas no centro da cidade, inundou estabelecimentos comerciais em vários pontos e provocou quedas de muros residências e até o destelhamento de um sobrado. De todos eventos negativos desse dia, destaca-se, a morte de dois operários da empresa responsável pelas obras de extensão do córrego Pirapitinga, os quais, segundo informações do próprio Corpo de Bombeiros, teriam se abrigado debaixo de uma ponte localizada no ponto final da obra. Com o aumento da chuva, o nível da água subiu, provocando uma forte correnteza no local, fazendo com que um desvio estourasse repentinamente e arrastasse os trabalhadores antes que fossem resgatados.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com relação a distribuição espacial da precipitação, observou-se que a distribuição da precipitação na área urbana está diretamente ligada as áreas urbanizadas, aonde apresentam problemas de alagamentos e inundações. Os alagamentos na avenida Raulina Fonseca Paschoal, envolve também questões da topografia e relevo da cidade, com morros e áreas íngremes, aonde o centro é considerado uma espécie de vale, convergência de áreas baixas das ruas que coincidem com a Avenida; não excluindo o mal planejamento urbano e ambiental.

Levando em consideração o clima urbano e as ilhas de calor, conjunto das altas temperaturas da cidade. Atualmente vivenciando uma dinâmica climática de altos índices pluviométricos. Dado as análises bairro Evelina Nour 61.3mm e Residencial Olinda 62.3mm localizados na área Norte da Cidade apresentam maiores precipitação, ante ao Pontal Norte. Percebe-se a dispersão pluviométrica, por conta dessas características de cada localidade e conseqüentemente da malha urbana, visto que as características tanto de urbanização quanto geomorfológicas irão impactar a sociedade, quanto o ambiente de estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

WOLLMANN, C. A; SIMIONI, J. P. D. Variabilidade espacial dos atributos climáticos na Estação Ecológica do Taim (RS), sob domínio polar. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 25, 2013, p. 56-76.

DEGG, M. Natural Disasters: Recent trends and future prospects. **Geography: Journal of the Geographical Association**, v. 77, n.3, 1992,p. 198 – 209.

GARCIA, M. del C. M; VIDE, M. J. **Algunas ideas propias de la climatología urbana de cara a la planificación urbana y rural**. 2000. Conferência realizada no IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica em 28 nov. 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: www.inmet.gov.br/portal/normaisclimatologicas. Acesso em 2018.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Edanee S. A., 1976.

Em Catalão duas pessoas foram arrastadas pela correnteza do córrego pirapitinga após forte chuva.
Disponível em: www.diariodegoias.com.br. Acesso em 2018.

XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – SBGFA, 2015, Teresina, **Anais**.

Acesso em 2018.

http://cbmet2018.com.br/images/logo/logo.png	27 e 30 de novembro de 2018 Página de
---	---

CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE NEBULOSIDADE EM CIDADES DO VALE DO RIBEIRA UTILIZANDO ARVORES DE DECISÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS COMUNS

Érico Tadao Teramoto¹; Darllan Collins da Cunha e Silva¹; Davi José Caetano Rocha¹; Eduardo Nardini Gomes¹; Levi Pompermayer Machado¹

Autor para correspondência: erico.teramoto@unesp.br

¹Campus Experimental da UNESP em Registro, Registro, São Paulo

RESUMO

O presente estudo avaliou o uso da técnica de aprendizado de máquinas Arvore de Decisão (AD) na classificação das condições de nebulosidade diária a partir de variáveis meteorológicas consideradas comuns. As bases de dados meteorológicos utilizadas foram registradas pelas estações meteorológicas automáticas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizadas nos municípios de Barra do Turvo, Iguape e Registro. Os três municípios pertencem à porção paulista do Vale do Vale do Ribeira, região importante do ponto de vista ambiental e social, e onde há a predominância do clima subtropical úmido. Foram testados três conjuntos de variáveis de entrada na AD e dentre elas o conjunto $\{DT, RT, R_0, UR\}$ permitiu maior percentual de acertos na classificação das condições de nebulosidade (60%). Independente do conjunto de variáveis utilizado, as classes com maior e menor percentual de acertos foram respectivamente o céu nebuloso e o céu claro.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar; Aprendizado de máquinas; Ambiente subtropical úmido

CLASSIFICATION OF SKY CONDITIONS IN CITIES OF THE RIBEIRA VALLEY USING DECISION TREES AND COMMON METEOROLOGICAL VARIABLES

ABSTRACT

The present study evaluated the use of the Decision Tree (AD) machine learning technique in the classification of daily sky conditions from common meteorological variables. The meteorological databases used were recorded by the automatic meteorological stations belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) and located in the municipalities of Barra do Turvo, Iguape and Registro. The three municipalities are located in the São Paulo State portion of Vale do Ribeira Valley, an important region from the environmental and social point of view, and where there is a predominance of humid subtropical climate. Three sets of input variables were tested in AD and among them the set $\{DT, RT, R_0, UR\}$ allowed a higher percentage of correct answers in the classification of sky conditions (60%). Regardless of the set of variables used, the cloudy and the clear sky conditions were the classes with the highest and the lowest percentage of hits, respectively.

KEY-WORDS: Solar Energy; Machine Learning; Humid subtropical environment

INTRODUÇÃO

Os vários problemas de aumento no preço do kW/h de energia elétrica, que foram observados no Brasil ao longo das últimas duas décadas, evidenciaram a necessidade da redução na dependência da matriz elétrica

brasileira pela geração hidráulica. Hoje, mais de 60% da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidroelétricas (EPE, 2018). Dentre as várias fontes de energia consideradas alternativas para a hidráulica, a energia solar possui destaque por ser limpa (sem a emissão de gases do efeito estufa durante sua utilização), além de ter ampla disponibilidade em grande parte do território brasileiro (TIBA et al., 2000; ALVARES et al., 2014).

Para realizar o aproveitamento da energia solar, tanto na conversão fotovoltaica quanto térmica, o primeiro passo é o levantamento do potencial solar local feito a partir de séries temporais de dados de radiação solar global (R_G), além de informações sobre a nebulosidade. No caso da última, ela possui importância devido a influência que as nuvens exercem sobre a radiação solar, atenuando parte dos espectros visível e infravermelho aproveitados pelas células fotovoltaicas ou reduzindo a fração direta disponível para aproveitamento através dos concentradores solares (ESCOBEDO et al., 2009; HAN et al., 2019). Informações sobre a nebulosidade também servem como parâmetro na estimativa da R_G a partir de modelos empíricos, no planejamento e desenvolvimento do turismo e do aproveitamento da iluminação natural, conforto térmico em edificações, na secagem de produtos agrícolas, entre outros (AL-LAWATI, 2003; PATTANASETHANON et al., 2007).

A nebulosidade (ou condições de céu) é normalmente classificada em nebuloso, parcialmente nebuloso e claro, sendo a classificação realizada com base em índices calculados a partir de dados medidos ou estimados de radiação solar, imagens de satélite ou através de registros feitos através de câmeras do tipo “olho de peixe” (KUDISH; IANETZ, 1996; LI; LAM, 2001; ECHER et al., 2006; OKUBUE et al., 2009; TERAMOTO; ESCOBEDO, 2012). A classificação das condições de céu a partir do índice de transmissividade atmosférica K_T é considerada um dos principais métodos (KUDISH; IANETZ, 1996; LI; LAN, 2001). O K_T é a razão entre a R_G e a radiação solar extraterrestre (R_0), sendo amplamente utilizado por depender apenas da R_G como variável medida e por expressar com clareza as variações da radiação solar em função do clima (livre da dependência astronômica). Baixos valores de K_T indicam cobertura de céu nebuloso e predominância da componente difusa dentro da R_G . Ao contrário, valores elevados de K_T ($K_T > 0,55$) indicam que o céu possui baixa nebulosidade e há predominância da componente direta dentro da R_G . Porém, a classificação das condições de nebulosidade a partir do índice K_T exige a disponibilidade de dados medidos de R_G , variável meteorológica que apresenta o monitoramento contínuo em estações meteorológicas de superfície menos frequente quando comparada à temperatura do ar e precipitação pluvial. Isto ocorre devido ao elevado custo de aquisição dos sensores de medição da R_G e a necessidade de calibração contínua.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso da técnica de aprendizado de máquinas Arvore de Decisão na classificação das condições de nebulosidade diária a partir de dados medidos de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluvial. Tais variáveis meteorológicas são consideradas comuns, pois são medidas na maioria das estações meteorológicas de superfície, e o uso delas junto da Árvore de Decisão permite o estudo climatológico das condições de céu em locais onde séries históricas de R_G não estão disponíveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado a partir de dados meteorológicos registrados em três cidades localizadas na porção paulista do Vale do Ribeira, região que abrange parte dos Estados de São Paulo e Paraná, O Vale do Ribeira é uma região importante do ponto de vista ambiental, devido à sua rica biodiversidade presente nos ecossistemas aquáticos e terrestres (IBGE, 2016). Ele contém a maior área remanescente da Mata Atlântica do mundo (abrangendo dois terços do território), que é dividida em várias Áreas de Preservação Permanente (APP). Em grande parte dessas APP, verifica-se a presença de comunidades tradicionais, como grupos indígenas, quilombolas (comunidades rurais afro-brasileiras) e caiçaras (pescadores artesanais e pequenos proprietários de descendentes principalmente indígenas), muitos dos quais organizados em associações que realizam atividades agropecuárias e de subsistência (COELHO; FAVARETO, 2008). Os trinta e um municípios que compõem o Vale do Ribeira têm economia baseada nas áreas de serviços, agricultura,

bubalicultura, aquicultura e pesca. Reconhecendo as importâncias social e ambiental do Vale do Ribeira, um dos grandes desafios enfrentados pelos municípios que compõe a região é o desenvolvimento sustentável da agricultura e da aquicultura levando em considerando o uso de fontes renováveis de energia. Nesse contexto, torna-se interessante o estudo da nebulosidade em municípios localizados no Vale do Ribeira, para a realização de estudos aplicados voltados ao aproveitamento da energia solar.

Os dados diários de R_G , temperatura do ar (T_{ar} , em °C), umidade relativa do ar (UR, em %) e precipitação (P, em mm) foram registrados nas estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), instaladas em Barra do Turvo (24°45'S; 48°30'O; 158m), Iguape (24°42'S; 47°33'O; 3m) e Registro (24°29'S; 47°50'O; 25m). O período de monitoramento foi de quatro anos em Barra do Turvo (anos de 2010, 2011, 2012 e 2018) e Iguape (anos de 2010, 2011, 2013 e 2013) e de dois anos (março de 2017 a fevereiro de 2019) em Registro. A mediação da R_G foi realizada utilizando piranômetros modelo CM21 da Kipp & Zonen e as medições da T_{ar} e UR foram realizados utilizando sondas modelo HMP45C da Vaisala HUMICAP. Na Figura 1 abaixo são apresentadas pode-se verificar a localização geográfica das três cidades.



Figura 1: Localização geográfica das cidades de Barra do Turvo, Iguape e Registro, situadas na porção paulista do Vale do Ribeira.

As bases de dados de R_G , T_{ar} , UR e P foram sincronizadas, sendo considerados dias com registros úteis apenas os que apresentaram a medição simultânea das quatro variáveis meteorológicas. Após a sincronização, em relação aos dados iniciais, os dados disponíveis correspondiam a: 79,29% em Barra do Turvo, 97,53% em Iguape e 97,80% em Registro. Os dados de radiação no topo da atmosfera (R_0) utilizados foram estimados a partir da equação 1 (IQBAL, 1983; MYERS, 2013):

$$R_0 = \frac{24 \times 3.600}{\pi} \times I_{cs} \times E_o \left(\cos \varnothing \times \cos d \times \text{sen} \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \times \text{sen} \varnothing \times \text{sen} d \right) \quad \text{Eq. (84)}$$

(1)

onde I_{CS} é a constante solar, 1.367 W m^{-2} ; E_0 é o fator de correção da excentricidade terrestre, adimensional; expressos em graus, f é latitude local, d é declinação solar e w_s é o ângulo horário. As variáveis E_0 , d e w_s foram calculadas a partir das equações 2, 3 e 4, respectivamente:

$$E_0 = 1,000110 + 0,034221\cos B + 0,001280\sin B + 0,000719\cos 2B + 0,000077\sin 2B \quad \text{Eq. (85)}$$

(2)

$$d = 23,45\sin \left[\frac{360}{365}(DJ - 80) \right] \quad \text{Eq. (86)}$$

(3)

$$w_s = \arcsin(-\tan \phi \times \tan d) \quad \text{Eq. (87)}$$

(4)

onde DJ é o dia juliano e B é calculado a partir da equação 5 abaixo.

$$B = (DJ - 1) \frac{360}{365} \quad \text{Eq. (88)}$$

(5)

O índice de claridade K_T (adimensional), razão entre a radiação solar global e a extraterrestre, foi calculado utilizando a Equação 6:

$$K_T = \frac{R_G}{R_0} \quad \text{Eq. (89)}$$

(6)

onde R_G é a radiação global na horizontal diária e R_0 é a radiação solar no topo da atmosfera diária, ambas em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

A classificação das condições de nebulosidade foi realizada a partir do K_T , seguindo metodologia proposta por Escobedo et al. (2009), que considera as seguintes classes:

- Céu nebuloso, onde $K_T \leq 0,35$: a radiação direta é igual a zero, ou seja, a radiação global é composta apenas pela radiação difusa.

- Céu parcialmente nebuloso com dominância para o difuso (PNDD), onde $0,35 > K_T \notin 0,55$: a radiação global é composta de uma parcela maior da radiação difusa, que decresce variando gradativamente entre 88 a 50% da radiação global.
- Céu parcialmente nebuloso com dominância para o claro (PNDC), onde $0,55 > K_T \notin 0,65$: a radiação global é composta de uma parcela maior da radiação direta, que aumenta gradativamente enquanto a radiação difusa diminui variando entre 50 a 30% da radiação global.
- Céu claro, onde $K_T > 0,65$: a radiação global é composta predominantemente pela radiação direta.

Neste trabalho, considerando as quatro classes de nebulosidade propostas por Escobedo et al. (2009), realizou-se a classificação das condições de nebulosidade utilizando a técnica de aprendizado de máquinas Árvore de Decisões (AD) operando com diferentes agrupamentos das variáveis meteorológicas comuns medidas. A AD utilizada foi o algoritmo J48 do software WEKA, que é uma compilação de diferentes técnicas de aprendizado de máquinas disponível gratuitamente em <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/> (HALL et al., 2009; WITTEN; FRANK, 2005). O algoritmo J48 é adequado para os procedimentos envolvendo variáveis qualitativas contínuas e discretas presentes em bases de dados (QUINLAN, 1993). Ele é considerado o que apresenta o melhor resultado modelagem de AD a partir de um conjunto de dados de treinamento. Para a montagem da árvore, o algoritmo J48 utiliza a abordagem de dividir para conquistar, onde um problema complexo é decomposto em subproblemas mais simples, aplicando recursivamente a mesma estratégia a cada subproblema, dividindo o espaço definido pelos atributos em subespaços, associando-se a eles uma class (WITTEN E FRANK, 2005).

A árvore de decisão utiliza mecanismos de categorização usando divisão hierárquica dos dados, em que um padrão desconhecido é rotulado, usando-se uma sequência de decisões (WITTEN; FRANK, 2005). As árvores de decisão estão entre os mais populares algoritmos de inferência e tem sido aplicado em várias áreas como, por exemplo, diagnóstico médico e identificação e classificação de imagens em geoprocessamento (DELGADO et al., 2012). Dentre as vantagens do uso das arvores de decisão estão não interferência dos dados ruídos e também a ocorrência de atributos com valores desconhecidos (HALL et al., 2009). Elas são hábeis na geração de regras compreensíveis, executam a tarefa de classificação sem requerer muito tempo de processamento, fornecem um meio intuitivo de analisar os resultados obtidos e manipulam tanto atributos categóricos como quantitativos (DELGADO et al., 2012). No Quadro 1 abaixo são apresentados os conjuntos de variáveis de entrada testados na classificação a partir da Árvore de Decisão.

Quadro 1: Conjuntos de variáveis de entrada testados na Árvore de Decisão para a classificação das condições de nebulosidade.

Identificação	Variáveis de entrada utilizadas
AD1	DT e R_0
AD2	DT, RT e R_0
AD3	DT, RT, R_0 e UR

No Quadro 1, DT é a amplitude diária da temperatura do ar, diferença entre as temperaturas do ar máxima e a mínima do dia; e a RT é a precipitação pluvial transformada, (se $P = 0$, $RT = 0$; se $P > 0$, $RT = 1$).

A avaliação do uso da AD na classificação das condições de nebulosidade envolveu duas etapas, que são padrão diante do uso de técnicas de aprendizado de máquinas (WITTEN; FRANK, 2005). A primeira etapa corresponde ao treinamento, que ocorre através da apresentação de exemplos, análogo ao processo de calibração dos modelos empíricos. A segunda etapa é a validação, após o treinamento e aquisição da capacidade de generalização dos exemplos apresentados, quando é verificada a acurácia. Para a utilização na

AD na classificação das condições de nebulosidade, a total da base de dados disponível foi dividida em duas partes, (i) base de dados para treinamento; e (ii) base de dados para validação. Para a validação, foram selecionados aleatoriamente os anos de 2013 para Barra do Turvo (com 365 instancias), 2011 para Iguape (com 360 instancias) e 2018 para Registro (com 363 instancias). Os resultados obtidos nas classificações realizadas utilizando a AD foram confrontados com as classificações feitas a partir do índice de transmissividade K_T , a fim de verificar a acurácia dela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 abaixo são apresentadas as frequências mensais interanuais das condições de nebulosidade nos municípios de Barra do Turvo, Iguape e Registro, que foram determinadas a partir dos dados de K_T disponíveis e são expressas em percentual (frequência relativa). Os valores foram obtidos a partir das bases de dados disponíveis para cada um dos municípios.

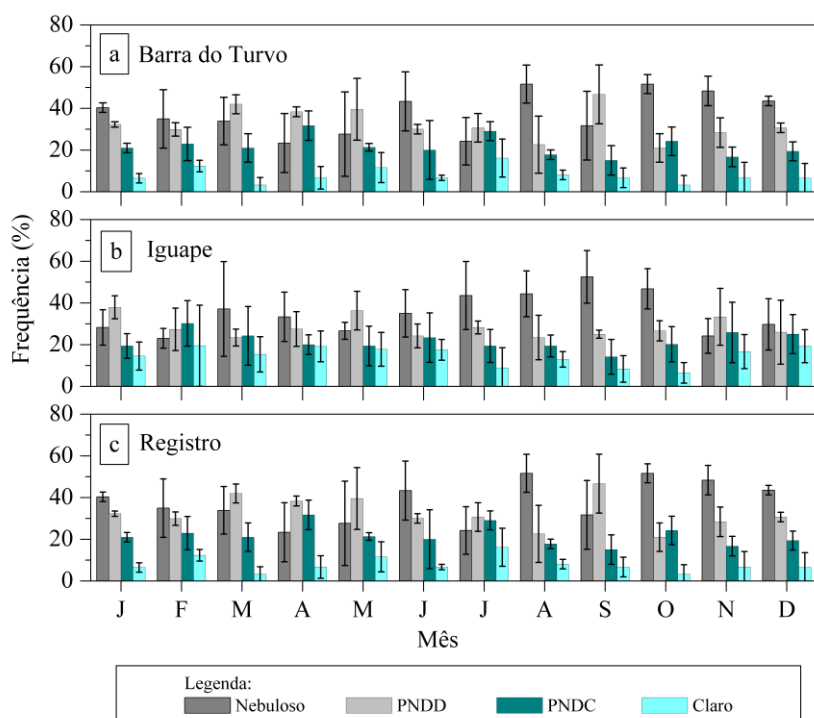


Figura 2: Frequência das mensal interanual das condições de nebulosidade nos municípios de Barra do Turvo, Iguape e Registro.

Barra do Turvo, Iguape e Registro apresentam clima classificado como subtropical úmido, Cfa pelo critério de Köppen (ALVARES et al., 2014). Nos três municípios, verifica-se a ocorrência ao longo do ano de elevada nebulosidade, com predominância das condições de céu nebuloso e parcialmente nebuloso com dominância para o difuso. As duas classes de condições de nebulosidade ocorrem em mais de 70% dos dias do ano. Por outro lado, a frequência de céu claro é inferior a 20% dos dias do ano, sendo em geral menor nos meses de agosto a novembro, período que abrange o meio inverno austral e início da primavera austral. Tais meses são também os que apresentam maior frequência de dias com céu nebuloso. Verifica-se a partir dos desvios padrões, linhas verticais de cor preta, uma ampla variabilidade interanual principalmente o céu nebuloso nos meses de outono e inverno austrais.

Quando os três municípios são comparados entre si, a diferença entre as frequências das condições de nebulosidade é pequena. Tomando como referência os dois extremos de classes, a frequência de céu nebuloso foi maior ao longo do ano em Barra do Turvo (165 dias), seguida por Registro (138 dias) e Iguape

(129 dias), enquanto para céu claro foi maior em Iguape (53 dias) e igual em Registro e Barra do Turvo (30 dias). O mês com maior frequência de céu nebuloso é maio em Barra do Turvo (21 dias), setembro em Iguape (16 dias) e novembro em Registro (15 dias). Para céu claro, o mês com maior frequência é outubro em Barra do Turvo (7 dias), dezembro em Iguape (6 dias) e julho em Registro (5 dias).

A seguir são apresentados os resultados dos testes de classificação das condições de nebulosidade utilizando a técnica de inteligência artificial AD e dados de variáveis meteorológicas registradas em Barra do Turvo, Iguape e Registro. A classificação ocorreu nas condições climáticas de nebulosidade citadas acima. No Quadro 2 abaixo são apresentados os percentuais de acertos nas classificações realizadas utilizando os três conjuntos diferentes de variáveis de entrada (AD1, AD2 e AD3).

Quadro 2: Percentuais de acertos nas classificações das condições de nebulosidade realizadas utilizando a técnica de inteligência artificial AD.

Cidade	ID	Tamanho da arvore	Número de folhas	Número de instancias	Percentual de acertos
Barra do Turvo	AD1	11	6	365	55,89
	AD2	113	57	365	59,45
	AD3	39	20	365	61,10
Iguape	AD1	11	6	360	50,83
	AD2	47	24	360	52,22
	AD3	47	24	360	61,40
Registro	AD1	11	6	363	63,36
	AD2	35	18	363	61,43
	AD3	35	18	363	61,43

Na maioria dos casos, verificou-se uma tendência de aumento no percentual de acertos em função do aumento no número de variáveis de entrada utilizadas na classificação. A AD1 utilizou o conjunto de variáveis $\{DT, R_0\}$ enquanto a AD3 utilizou o conjunto de variáveis de entrada $\{DT, RT, UR, R_0\}$. A exceção ocorreu no caso de Registro, onde a AD1 apresentou o maior percentual de acertos. Ressalta-se que todas as variáveis testadas apresentam correlação entre si e com a nebulosidade.

Diferentes fatores podem ter influenciados para a ocorrência de tais resultados. O primeiro é a extensão das bases de dados utilizadas no treinamento da AD. Bases de dados curtas podem eventualmente não abranger períodos com ocorrência de anomalias climáticas (SOUZA et al., 2017). Tais anomalias tendem a gerar maior amplitude de variação interanual na temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar e/ou nebulosidade. O segundo fator é o erro experimental relativos a manutenção e calibração dos sensores utilizados no monitoramento das variáveis meteorológicas, que podem gerar variações sistemáticas na medição ao longo do tempo (WMO, 2008). No caso de Registro, a base de dados utilizada corresponde à metade da utilizada para Barra do Turvo e Iguape. Outro detalhe que deve ser considerado é a base de dados utilizada no caso de Barra do Turvo, onde foram utilizados os dados medidos no período de 2010 a 2012 para o treinamento da AD e dados medidos no ano de 2018 para a validação. Nesse caso, verifica-se um grande intervalo de tempo entre as medições dos dados utilizados no treinamento e dos dados utilizados na validação. A opção pelos dados medidos em 2018 para a validação ocorreu devido as falhas no

monitoramento da precipitação ao longo do período de 2010 a 2012. Outro fator que deve ser levado em consideração é a classificação das condições de nebulosidade que foi utilizada como referência, que é a baseada no índice K_T . Neste caso, valores de K_T próximos aos limites de classes tendem a ser os pontos onde há as divergências de classificação entre o critério de Escobedo et al. (2009) e a realizada pela AD. Na Figura 3 abaixo são apresentadas as matrizes de confusão das classificações realizadas pela AD, onde é possível verificar no caso dos três municípios onde os erros de classificação ocorrem com maior frequência.

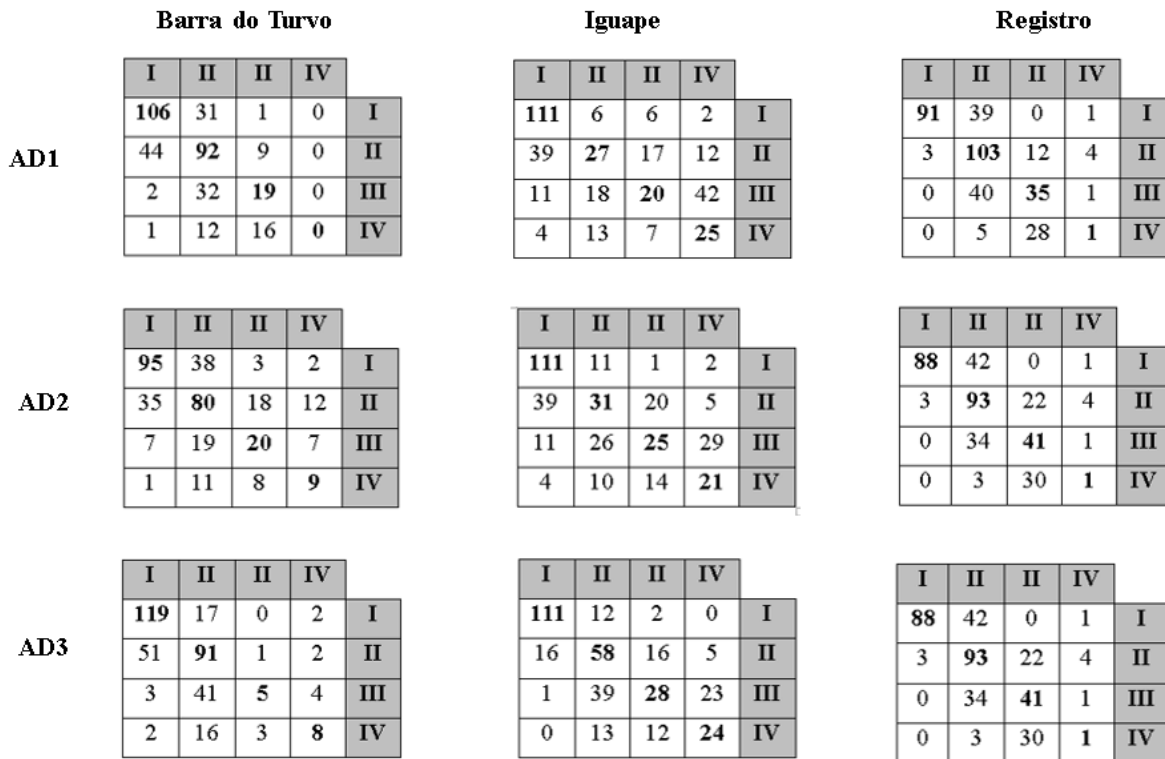


Figura 3: Matriz de confusão das classificações realizadas pela AD1. Nas matrizes, tem-se que I = nebuloso, II = PNDD, III = PNDC e IV = Claro.

Em geral, a concentração nos erros de classificação ocorreu de forma diferente entre os três municípios. Contudo, independente do conjunto de variáveis de entrada utilizado ou do município, dentre as quatro classes de nebulosidade, a céu nebuloso apresentou o maior percentual de acertos. Por outro lado, a condição de céu claro e PNDC foram as classes que apresentaram maior percentual de erros, principalmente nos casos de Barra do Turvo e Registro. No caso específico de Iguape, para as quatro classes de nebulosidade, foi possível verificar o aumento gradativo no percentual de acertos com o aumento no número de variáveis.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Nos três municípios localizados na porção Paulista do Vale do Ribeira, e de clima subtropical úmido, há a predominância ao longo do ano de dias com condição de céu nebuloso e parcialmente nebuloso. A frequência anual de dias com céu claro é inferior a 20%.

O algoritmo árvore de decisão J48 disponível no WEKA apresenta uma relativa precisão na classificação das condições de nebulosidade, ao utilizar dados medidos de temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar, com um percentual de acertos de até aproximadamente 60%.

Dentre os conjuntos de variáveis de entrada testados, o $\{DT, RT, UR, R_0\}$ permitiu à árvore de decisão maior precisão na classificação das condições de nebulosidade.

Independente do conjunto de variáveis utilizado, as classes com maior e menor percentual de acertos foram respectivamente o céu nebuloso e o céu claro.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) pelo fornecimento das séries históricas de dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- AL-LAWATI, A. et al.. Monthly average daily solar radiation and clearness index contour maps over Oman. **Energy Conversion and Management**, v. 44, p. 691-705, 2003.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. C.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- COELHO, V. S. P.; FAVARETO, A. S. Dilemas da participação e desenvolvimento territorial. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 10, n. 18, p. 15-26, dez. 2008.
- DELGADO, R. C.; SEDIYAMA, G.; COSTA, M. H.; SOARES, V.; ANDRADE, R. G. Classificação espectral de área plantada com a cultura da Cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p.369-380, 2012.
- ECHER, M. P.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 341-352, 2006.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPP. **Matriz Energética Nacional 2018**. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v. 86, p. 299-10, 2009.
- HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; REUTEMANN, B. P.; WITTEN, I. H. **The WEKA Data Mining Software: An Update**; SIGKDD Explorations, v.11, n.1, 2009.
- HAN, J.; ZHANG, L.; LI, S.; WEN, X.; LI, Q.; WANG, H. Effects of sky conditions on net ecosystem productivity of a subtropical coniferous plantation vary from half-hourly to daily timescales. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 3002-3014, 2019.
- IBGE. **Perfil dos Estados e dos Municípios Brasileiros 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2014/>>. Acesso em: 05 mar 2016.
- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press, 1983. 390 p.
- KUDISH, A. I.; IANETZ, A. Analysis of daily clearness index, global and beam radiation for beer sheva, israel: partition according to day type and statistical analysis. **Energy Conversion and Management**, v. 37, n. 4, p. 405-416, 1996.
- LI, D. H. W; LAM, J. C. A study of atmospheric turbidity for Hong Kong. **Building and Environment**, v. 36, n. 4, p. 435-450, 2001.
- MYERS, D. R.. **Solar radiation: Practical Modeling for Renewable Energy Applications**. CRC Press, 198f, 2013.

PATTANASETHANON, S.; LERTSATITTHANAKORN, C.; ATTHAJARIYAKUL, S.; SOPONRONNARIT, S. All sky modeling daylight availability and illuminance/irradiance on horizontal plane for Mahasarakham, Thailand. *Energy Conversion & Management*, v. 48, p. 1601-1614, 2007.

QUINLAN, J. R.; C4.5: Programs for machine learning. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1993.

SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; TANAKA, A. A.; ULIANA, A. M.; ALMEIDA, F. T.; KLAR, A. E.; GOMES, A. W. A. Global radiation by simplified models for the state of Mato Grosso, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 52, n. 4, p. 215-227, 2017.

TERAMOTO, E. T.; ESCOBEDO, J. F. Análise da frequência anual das condições de céu em Botucatu, São Paulo. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 16, n. 9, p. 985-992, 2012.

TIBA, et. al. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 111 p., 2000.

WITTEN, I. H.; FRANK, E.. **Data Mining: Practical machine learning tools and techniques**. San Francisco: Morgan Kaufman, 2005.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide of Meteorological Instruments and Methods of Observation**, 2008. 681p.

POSSIBILIDADES DE ANÁLISES DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS PRECIPITAÇÕES A PARTIR DO PLUVIOGRAMA DE SCHRODER

Guilherme Cardoso da Silva¹; Diego Tarley Ferreira Nascimento¹; Marco Aurélio Pessoa de Souza²
Autor para correspondência: guilherme_card1@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás; ²Instituto Federal Goiano

RESUMO

A precipitação pluvial enquanto variável climática é determinante na tomada de decisões das atividades antrópicas, como a agricultura. Quanto maior a sensibilidade e precisão, mais detalhados serão os dados de aptidão agrícola de uma região, e como consequência sua capacidade produtiva. Diante disso, esse estudo usou a distribuição de precipitações baseado no pluviograma de Schroder para inferir melhores formas de uso dos dados para melhoria da tomada de decisões. Para tal foi estudado o Estado de Goiás e Distrito Federal (DF) (Centro-Oeste Brasileiro) tipificado como duas estações climáticas bem definidas (chuvoso e seco). Os dados foram sistematizados no Excel[®] separados em duas demonstrações de manipulação dos dados de precipitações: 1 – Distribuição Temporal para Goiânia (intervalo de 1961 e 2018) e 2 – Distribuição Espacial para Goiás e DF (2003, 2009 e 2015). Os dados foram calculados com base em distribuição percentual (mês e ano), com adaptações por símbolo e cor (escala de vermelho e azul) para representar fenômenos. Os resultados apontam que em Goiânia o clima é semiúmido com o início do período chuvoso em outubro e finalização em abril, com 7 meses de chuva (maiores ocorrências em dezembro e janeiro) e 5 de seca (maior ocorrência em julho). Goiás e DF, habitualmente apresentou padrão similar à cidade de Goiânia, porém algumas estações apontaram início das chuvas em novembro, porém, nota-se um padrão de chuvas diferentes no recorte avaliado, e que podem refletir no perfil agropecuário da região.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Regime; Diagrama de Schroder

POSSIBILITIES OF ANALYSIS OF TEMPORAL AND SPACIAL DISTRIBUTION OF PRECIPITATIONS FROM SCHRODER'S PLUVIOGRAM

ABSTRACT

Rainfall as a climatic variable is decisive to strategies in activities as agriculture and livestock. Sensibility and precision of this information are important to measure the agricultural aptitude of a region and may infer its productive capacity. Therefore, this study used the rainfall distribution, based on Schroder's pluviogram, to plan better ways of data analysis to strategies in this sector. For this purpose, State of Goiás and Federal District (DF) (Brazil's Midwest) were classified as two well-defined climatic seasons (rainy and dry). Data were systematized in Excel[®], separated into two demonstrations of rainfall data manipulation: 1 – Temporal Distribution for Goiânia (1961 and 2018 interval) and 2 – Spatial Distribution for Goiás and DF (by month and by year), with adaptation by symbol and color (red and blue scale) to represent different phenomena. Results indicate that in Goiânia climate is semi-humid with the beginning of the rainy season in October and the end on April, with 7 rainfall months (highest occurrences in December and January) and 5 of dry-climate (highest occurrence in July). To Goiás and DF, usually had a similar distribution of Goiânia city, but some stations pointed to the beginning of the rains in November, but with different precipitation distribution observed for all region, which may reflect in the agricultural profile of this region.

KEY-WORDS: Precipitation; Regime; Schroder's pluviogram

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é uma importante variável climática atuante nos ambientais naturais e antrópicos, sobretudo nas regiões tropicais, onde exerce significativo papel no intemperismo, expondo a superfície terrestre aos processos de pedogênese e/ou de morfogênese (FORMOSO, 2006).

Ayoade (2003) destaca que as características e as variabilidades do clima (e do tempo atmosférico) possuem interferência direta na ocupação dos espaços naturais, tendo a precipitação notória atuação nas atividades antrópicas, desde o planejamento e organização das atividades cotidianas, como a escolha do vestuário e a condição da mobilidade urbana diante de um evento extremo de precipitação, com outras tantas repercussões – a exemplo na agricultura, na geração de energia, na indústria, no turismo, na dessedentação de animais e, não menos importante, no abastecimento doméstico urbano e rural.

Nesse sentido, é crucial a devida atenção destinada a esse elemento nos estudos de cunho climatológico, especialmente aqueles voltados à descrição da sua variabilidade espaço-temporal e à avaliação dos impactos de suas excecionalidades na produção agrícola, na atividade pecuária, na geração de energia hidrelétrica, no abastecimento humano ou na sociedade, especialmente em comunidades menos resilientes, que, como aponta Deus (2017), são mais sensíveis à variação dos elementos climáticos e desprovidas de meios de se precaverem e se protegerem.

Assim, diante do desenvolvimento histórico da ciência climatológica, chamamos a atenção para a abordagem preconizada pela Climatologia Geográfica, ao defender a utilização da realidade dos extremos em detrimento do uso das abstrações das médias (MONTEIRO, 1971) e preconizar a investigação da variabilidade e dos eventos e fenômenos adversos na sociedade, tendo como princípio o tripé clima/sociedade/impacto (SANT'ANNA NETO, 2001).

Ao analisar a distribuição espacial e, especialmente, temporal das precipitações do estado de São Paulo a partir de 249 postos pluviométricos, Rudolf Schroder (1956) chama a atenção para o caráter genérico do uso de médias aritméticas no trato dos totais de precipitação, salientando que elas “representam tão somente a expressão de uma fase do curso anual do tempo” (p. 217-218). Segundo o autor, os estudos de cunho climatológico devem buscar contemplar o curso da distribuição das chuvas através dos anos, capaz, assim, de expressar a considerável variabilidade desse elemento ao longo dos anos, condizente com os regimes habituais e excepcionais (secos e chuvosos) das chuvas.

Para tanto, o autor desenvolveu um método de representação da distribuição das precipitações por intermédio de um pluviograma, que se tornou bem conhecido na literatura como pluviograma de Schroder. Essa forma de representação foi utilizada, por exemplo, por Nascimento (2016) e Neves (2018), ao estudarem a variação espaço-temporal das chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal, por Rós (2017), ao analisar as variações pluviométricas de Salvador-BA, e por Vasques (2017), ao avaliar o regime e o ritmo das chuvas em Jataí-GO, inclusive servindo para a classificação de anos-padrão do regime habitual e excepcional (seco e chuvoso) das chuvas, conforme visto em Barros (2003).

Para Schroder (1956, p. 229) “Se considerarmos como sendo 100% a precipitação anual, caberia a cada mês, se fossem as chuvas distribuídas regularmente por todos os meses, uma porcentagem fixa de 8,3”. Partindo desse princípio, o autor sugere, nas suas próprias palavras “um quadro bastante detalhado da distribuição” (p. 234) percentual das precipitações mensais, individualmente. Dessa forma, evidencia-se, além do regime mensal e do curso anual das chuvas ao longo de cada um dos anos da série temporal do posto pluviométrico considerado, qual a faixa de distribuição percentual cada valor mensal de precipitação se encontra, sendo possível destacar os meses em muito secos, secos, de transição, chuvosos e muito chuvosos, além de destacar os mês mais seco e o mais chuvoso do ano.

Ao pautar como o paradigma do clima o “ritmo”, entendido por Monteiro (1971, p. 10) como o "encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados”, Nascimento (2016, p. 69) frisa que

a primeira aproximação ao entendimento de ritmo é a variabilidade dos elementos climáticos percebida no decorrer dos anos, traduzida pela sucessão. Numa segunda instância, a atenção é dada à sequência das variações mensais e, principalmente, à repetição dessas em vários e sucessivos anos, tratada pelo autor como sendo o regime.

Dessa forma, concordamos com Zavattini e Boin (2013) ao frisarem o potencial do pluviograma de Schroder para a avaliação do “peso” das precipitações mensais, em porcentagem, tendo como referência o total precipitado no próprio ano. Dessa forma, esse método de representar a distribuição das chuvas ao longo do ano se torna capaz de proporcionar importantes indícios para a compreensão do regime das chuvas e, por conseguinte, do ritmo climático de determinada localidade.

OBJETIVOS DO TRABALHO

No intuito de melhor disseminar na comunidade científica o método de representação da distribuição percentual das precipitações a partir do pluviograma de Schroder e contribuir com o tratamento e método de análise desse elemento em estudos de cunho climatológico e agrometeorológico, o presente trabalho tem por objetivo geral apresentar algumas sugestões e possibilidades de tratamento, representação e análise da distribuição temporal e espacial das chuvas, a partir de estudo de caso com algumas estações meteorológicas localizadas no estado de Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área em estudo é representada pelo estado de Goiás e Distrito Federal, localizados na Região Centro-Oeste Brasileiro – Figura 1. A região se destaca por ser área core do bioma Cerrado, vegetação essa composta por um mosaico de fitofisionomias de coberturas vegetais, variando desde fisionomias campestres, passando por formações savânicas até a formações florestais (RIBEIRO; WALTER, 2008).

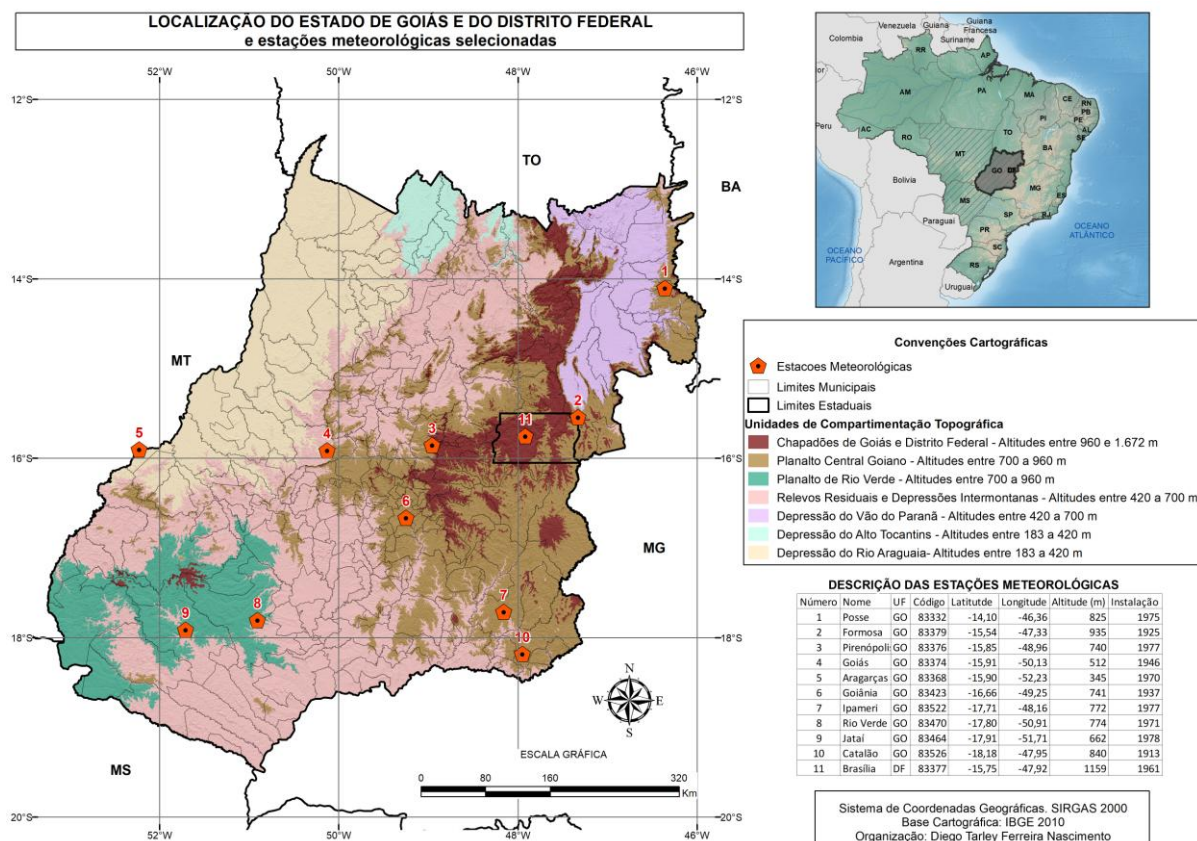


Figura 1 – Mapa de localização do estado de Goiás e do Distrito Federal e das estações meteorológicas selecionadas. Organização: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2019).

A respeito do relevo, Nascimento (2016, p. 21) apresenta sete possíveis compartimentos topográficos capazes “de representar a relação das similitudes das altitudes e das formas do relevo com os caminhos preferenciais e/ou barreiras encontrados para os sistemas atmosféricos atuantes na região”, referente a chapadões, planaltos e depressões: Chapadões de Goiás e Distrito Federal (960 a 1.672m), Planalto Central Goiano (700 a 960m), Planalto do Rio Verde (700 a 960m), Relevos Residuais e Depressões Intermontanas (420 a 700m), Depressão do Vão do Paranã (420 a 700m), Depressão do Alto Tocantins (183 a 420m) e Depressão do Rio Araguaia (183 a 420m) – Figura 1.

Conforme a classificação de Strahler, a área em estudo compreende a tipologia climática das baixas latitudes, controlada pelas massas de ar equatoriais e tropicais, e possuem caráter tropical quente e úmido. Segundo Nimer (1979), a região possui temperatura média anual de 22°C, com média para o mês mais quente de 24°C e para o mês mais frio de 18°C, um total pluviométrico anual de que varia espacialmente entre 1.550 e 1.750 mm, e ocorrência de 4 a 5 meses secos.

Nascimento, Luiz e Oliveira (2016) considera-se que o clima de Goiás e do Distrito Federal seja justificado pelos sistemas regionais de circulação atmosférica que atuam na região Centro-Oeste, especialmente no que diz à atuação de centros de ação negativos de origem continental (massas de ar Equatorial continental e Tropical continental) e positivos de origem oceânica (massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica), que sazonalmente se direcionam à região e que condicionam dois períodos bem marcantes: um chuvoso e quente (primavera/verão) e outro seco, com temperaturas mais amenas e elevada amplitude térmica diária (outono e inverno).

Descriminadas pela Figura 1 estão as dez estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) selecionadas para o presente estudo, a saber: Posse, Formosa, Pirenópolis, Goiás, Aragarças, Goiânia, Ipameri, Rio Verde, Jataí, Catalão e Posse, no Estado de Goiás, e Brasília, no Distrito Federal. Os dados mensais de precipitação registrados por tais estações foram compilados a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP/INMET), representando séries temporais distintas, tendo como início o ano de instalação das estações e término o ano de 2018.

Por intermédio do programa Excel, do pacote Microsoft Office, os dados mensais de precipitação foram organizados, os totais anuais calculados, e então representados por meio da proposta de pluviogramas da distribuição percentual mensal e total anual, conforme apresentado por Schroder. Entretanto, foram realizadas algumas adaptações, especificamente no que diz respeito à simbologia de cores utilizadas no pluviograma e ao considerar a faixa de 4,0 a 8,2% como mês de transição, tendo em vista que o autor apenas indica a condição de meses muito secos ou secos e de chuvosos ou muito chuvosos. A Figura 2, a seguir, demonstra as classes, as simbologias empregadas e os limites percentuais que caracterizam os valores mensais de precipitação, além da forma de retratação do mês mais seco e do mais chuvoso do ano.

Classe	Faixa porcentual de Precipitação	Simbologia
Mês mais seco do ano	(menor valor mensal do ano)	
Mês muito seco	Menor que 2%	
Mês seco	Entre 2 e 3,9%	
Mês de transição	Entre 4,0 e 8,2%	
Mês chuvoso	Entre 8,3 e 12,4%	
Mês muito chuvoso	Maior que 12,5%	
Mês mais chuvoso do ano	(maior valor mensal do ano)	

Figura 2: Classes, faixas de distribuição percentual e simbologia empregada no pluviograma.

Fonte: Schroder (1956), com adaptações.

Por fim, de modo a demonstrar algumas possibilidades do uso do pluviograma de Schroder na análise da distribuição temporal e espacial das precipitações, são apresentadas dois estudos de caso: 1º) retratando a distribuição temporal das precipitações da estação meteorológica situada em Goiânia, capital do estado de Goiás, ao longo de toda série temporal de dados disponível, isto é, entre 1961 e 2018; e 2º) contemplando a distribuição espacial das precipitações entre 11 estações meteorológicas localizadas em Goiás e Distrito Federal, ao longo de três-anos padrões, um seco (2015), um habitual (2003) e um chuvoso (2009), representando recortes amostrais capazes de retratar a habitualidade e as excepcionalidades do regime de chuvas, conforme sugerido por Monteiro (1971). Para o segundo caso, a definição dos anos-padrão habitual, seco e chuvoso foram levantados a partir de estudo anterior desenvolvido por Nascimento e Deus (2017) para a mesma área em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo de caso 1: Distribuição temporal das precipitações em Goiânia-GO entre 1961 e 2018.

A análise da distribuição temporal das precipitações em Goiânia pode partir da comparação, em sentido vertical, das barras horizontais, na parte esquerda do pluviograma, pelas quais é possível vislumbrar, conforme a dimensão da barra, a variabilidade interanual dos totais anuais ao longo dos 56 anos analisados – Figura 3. Tendo como estudo de caso a estação meteorológica de Goiânia, destaque deve ser dado ao menor total registrado em 1963, de 1.064,30mm, e ao máximo valor registrado em 1982, de 2.049,40mm – o que representa uma diferença de 985,10mm entre o ano mais chuvoso e o mais seco.

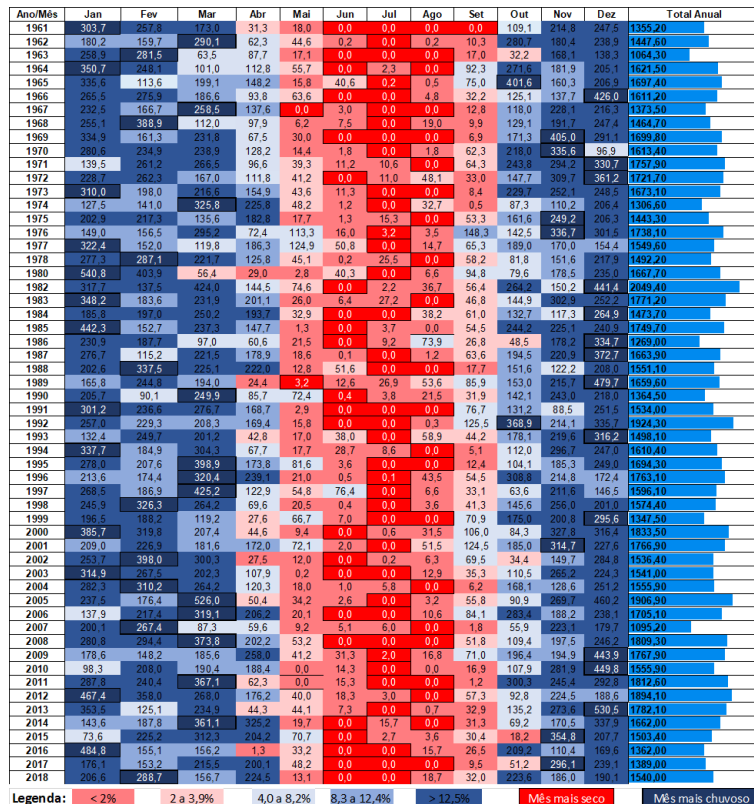


Figura 3: Pluviograma da distribuição das precipitações em Goiânia-GO (1961/2018).

Fonte: INMET, organizado pelos autores.

Valendo-se da representação horizontal dos valores mensais de precipitação ao longo dos anos, e a respectiva faixa de distribuição percentual na qual cada mês se enquadra, é possível vislumbrar o período chuvoso e o de seca que prevalece na área em estudo, assim como as variações que ocorrem ao longo de anos excepcionais (secos e chuvosos).

Dessa forma, percebe-se que em Goiânia, de maneira geral, o período chuvoso se inicia no mês de outubro, com meses ora classificados como de transição, ora chuvosos e mesmo muito chuvosos, e se estende até o mês de abril – caracterizando o período chuvoso de 7 meses. Ao passo que o período seco se estende por 5 meses (maio a setembro), condizente com a tipologia de clima semiúmido, conforme indicado por Nimer (1979). Essa demarcação bem clara do período chuvoso de 7 meses e estiagem em 5 meses reafirma o que Nascimento, Luiz e Oliveira (2016) consideram como os dois períodos bem característicos do clima da região: período de chuvas na primavera e verão e seca durante o outono e inverno.

Assad e colaboradores (1993) lembram que, apesar do total precipitado anualmente na região a qual o estado de Goiás e o Distrito Federal se situam ser suficiente para grande parte das culturas agrícolas, a concentração das chuvas em metade do ano, a elevada evapotranspiração e a conseqüente deficiência hídrica em alguns meses podem ser limitantes para a agricultura, sobretudo para a produção em média e grande escala de *commodities*, com impactos na economia (SIMONET, 2015). Diante disso, a distribuição mensal das chuvas ao longo do ano expõe conseqüências sobre as condições de excedente e deficiência hídrica no sistema, especialmente tendo em vista que o calendário agrícola, que segue os períodos de reposição e retirada da água do solo, para a tomada de decisões, como a aquisição de fertilizantes, aplicação de calcário (CANTARUTTI et al., 2007), tipo de tecnologia de semente a ser escolhida para comercialização futura (MASTER; BAKER; FLOOD, 2010). Essa questão é ainda mais preocupante ao percebemos que o início do período chuvoso não se mantém ao longo dos anos, podendo o início das chuvas ser adiantado para setembro (como visto em 1964, 1965, 1976, 1977, 1980, 1989, 1991, 1992, 1999, 2000, 2001, 2006, 2009) ou adiado para novembro (como ocorrido em 1963, 1986, 2002, 2015 e 2017), devendo o agricultor se adequar com relação à essa aos seu reflexo na produtividade dos cultivares.

De mesma forma, também preocupante para fins agrícolas, o término e, conseqüentemente, a extensão do período chuvoso, é variável ao longo da série temporal. Nos anos de 1976, 1977, 1990, 1995, 1999, 2001 e 2015 as chuvas se estenderam até maio. Interessante destacar os anos de 1976, 1977 e 2001, nos quais o período de chuvas se estendeu até o mês de maio e retornou já em setembro – reduzindo o período de estiagem para apenas 3 meses. Além disso, a coincidência do adiamento do início das chuvas em setembro no ano anterior com o adiantamento do término para maio do ano posterior proporcionou aos anos hidrológicos de 1976/1977, 1989/1990 e 2000/2001 um período chuvoso de nove meses.

Por fim, o pluviograma também permite a retratação do acumulado e dos meses mais seco e chuvoso em cada ano. O mês mais chuvoso ocorre, sobretudo, em dezembro e janeiro (13 anos da série observada, para cada mês), meses que marcam o final da primavera e início do verão, chegando a acumulados consideráveis, como o de 540,80mm, em janeiro de 1980 – representando 32,4% de toda precipitação anual. Todavia, os meses mais chuvosos também podem ser vistos em fevereiro (9 anos) e março (11 anos) ou em outubro (2 anos) e novembro (7 anos). Por sua vez, os meses mais secos do ano geralmente ocorrem entre junho e agosto (final do outono e inverno), principalmente no mês de julho (37 anos da série observada), junho (23 anos) e agosto (22 anos), mas podendo também ocorrer em maio (2 anos) e setembro (1 ano). Interessante observar que o mês mais seco pode se estender por três meses consecutivos sem precipitação alguma, conforme visto em 1963, 1969, 1991, 2008 e 2017, inclusive com a possibilidade dessa condição por se prolongar até o mês de setembro, ocasionando um período de estiagem mais prolongado, conforme visto em 1961.

Assim, ao analisar a sucessão temporal da distribuição mensal e anual das chuvas em Goiânia, entre 1961 e 2018, vislumbrando a variabilidade e a seqüência dos totais anuais e do início, do término e da duração do período chuvoso e de estiagem no decorrer dos anos, e, sobretudo, a recorrência, no sentido de repetição

do(s) regime(s) de chuvas em vários e sucessivos anos, o pluviograma de Schroder é capaz de subsidiar a compreensão do ritmo e do regime de chuvas.

Estudo de caso 2: Distribuição espacial das precipitações em Goiás e Distrito Federal

Numa perspectiva diferente da análise realizada anteriormente, o estudo de caso 2 propõe a averiguar o regime de chuvas ao longo de três anos-padrão, 2003 retratando a condição habitual e 2015 e 2009 refletindo a condição excepcional de regime de baixa e elevada pluviosidade no estado de Goiás e no Distrito Federal (Figura 4). Conforme apontado por Monteiro (1971), os anos-padrões representam recortes amostrais capazes de refletir a condição habitual e excepcional no que diz respeito ao quadro climático de determinada localidade, tendo sido amplamente empregado na literatura.

O ano tido como habitual (2003), adequadamente representa a condição que, predominantemente, se observa no quadro climático da área em estudo, período chuvoso de 7 meses, iniciando em outubro e terminando em abril, e estiagem ao longo de 5 meses, entre maio e setembro (Figura 1) - conforme também se observa na sucessão anual da estação de Goiânia, no estudo de caso anterior.

Nesse ano, o mês mais chuvoso é principalmente janeiro, mas também ocorrendo em março, novembro ou dezembro. Por sua vez, os meses mais secos são junho e julho, majoritariamente ocorrendo ao longo dos dois meses consecutivos. Os totais anuais variam entre 1.237,10 e 1.620,20mm, registrados pelas estações de Formosa e Goiás, respectivamente.

Ano Seco (2015)													
Estação/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anal
Posse	58,1	62,4	168,8	252,9	60,1	0,0	0,4	0,0	0,2	83,5	317,2	91,9	1417,30
Fomosa	98,4	243,2	185,9	162,0	23,3	0,0	0,0	0,0	15,1	46,5	182,6	79,5	1036,50
Pirenópolis	117,8	151,3	276,0	289,4	30,4	0,0	1,8	0,2	49,1	37,6	277,2	244,4	1475,20
Goiás	153,1	442,9	252,4	74,4	70,7	0,0	2,0	4,4	25,8	65,0	81,8	148,5	1321,00
Aragarças	144,2	344,5	282,2	94,6	56,2	0,0	19,8	0,8	36,6	133,5	172,1	132,8	1417,30
Goiania	73,6	225,2	312,3	204,2	70,7	0,0	2,7	3,6	30,4	18,2	354,8	207,7	1503,40
Ipameri	67,8	301,8	248,5	183,8	52,1	0,0	4,0	0,0	41,6	46,7	212,4	176,3	1335,00
Rio Verde	120,6	242,1	302,0	202,8	133,7	8,2	8,9	0,0	57,0	35,6	237,8	263,6	1612,30
Jatai	93,1	251,7	275,2	113,1	83,3	8,9	45,2	1,5	62,2	155,6	176,9	187,6	1454,30
Catalão	98,6	236,1	209,6	88,0	79,9	26,4	6,5	0,0	83,8	114,9	207,5	164,4	1315,70
Brasília	93,9	127,0	345,5	206,8	48,3	0,0	0,8	0,0	21,6	69,4	167,8	171,6	1252,70

Ano Habitual (2003)													
Estação/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anal
Posse	186,1	206,6	386,2	138,6	6,2	0,0	0,0	5,0	4,7	28,9	136,3	138,5	1237,10
Fomosa	352,5	80,0	230,8	61,3	69,2	0,0	0,0	14,9	18,0	8,1	157,2	231,9	1223,90
Pirenópolis	449,8	215,3	377,9	86,4	0,9	0,0	0,0	18,7	8,4	68,9	207,0	74,0	1507,30
Goiás	427,3	303,5	264,2	127,3	3,3	0,0	0,0	3,9	19,7	86,9	148,6	235,5	1620,20
Aragarças	450,4	159,1	158,0	135,2	28,8	0,0	0,0	10,8	35,1	87,2	151,1	142,6	1358,30
Goiania	314,9	267,5	202,3	107,9	0,2	0,0	0,0	12,9	35,3	110,5	265,2	224,3	1541,00
Ipameri	424,5	249,0	201,1	107,0	6,0	0,0	0,0	1,3	27,4	102,7	238,3	227,7	1585,00
Rio Verde	301,0	94,8	425,6	125,3	26,2	8,3	0,0	14,2	27,4	142,1	135,6	261,8	1562,30
Jatai	239,7	229,2	270,3	157,5	32,1	0,0	0,0	10,4	21,6	197,8	58,0	303,9	1520,50
Catalão	427,4	142,3	181,6	80,4	8,1	0,0	0,0	0,5	57,9	89,7	164,9	212,3	1365,10
Brasília	229,4	164,3	208,2	70,2	8,7	0,0	0,0	62,4	11,3	64,8	276,4	191,5	1287,20

Ano Chuvoso (2009)													
Estação/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anal
Posse	168,5	164,2	160,2	242,5	88,5	2,1	0,0	17,4	39,2	253,3	218,2	325,2	1679,30
Fomosa	235,5	164,0	101,1	279,7	8,3	9,5	0,0	62,7	31,7	219,0	153,9	368,1	1633,50
Pirenópolis	227,9	328,9	280,0	226,8	30,9	11,9	0,0	44,5	95,3	243,8	257,5	337,7	2085,20
Goiás	281,5	266,4	405,8	183,4	20,3	16,0	0,6	27,2	100,3	253,8	227,9	555,3	2338,50
Aragarças	302,0	279,5	169,1	116,0	6,4	9,9	0,0	24,2	24,0	83,9	208,5	452,1	1675,60
Goiania	178,6	148,2	185,6	258,0	41,2	31,3	2,0	16,8	71,0	196,4	194,9	443,9	1767,90
Ipameri	428,2	178,9	150,8	115,7	30,3	16,7	0,4	22,8	98,3	115,1	206,0	246,4	1609,60
Rio Verde	175,5	254,9	302,8	39,3	15,6	34,9	5,7	23,0	94,9	188,4	265,4	343,4	1743,80
Jatai	141,0	217,3	221,8	53,6	16,2	29,3	5,8	20,3	198,2	207,4	288,6	333,2	1732,70
Catalão	365,6	214,2	120,9	42,8	81,5	43,4	3,9	54,7	80,4	185,1	148,6	232,7	1573,80
Brasília	205,0	134,8	81,0	375,9	61,2	9,3	0,0	72,5	50,5	295,8	199,1	307,8	1792,90

Legenda: < 2% (vermelho claro), 2 a 3,9% (vermelho), 4,0 a 8,2% (laranja), 8,3 a 12,4% (laranja escuro), > 12,5% (azul escuro), Mês mais seco (vermelho), Mês mais chuvoso (azul escuro)

Figura 4: Pluviograma da distribuição das precipitações em estações selecionadas em Goiás e Distrito Federal, em 2015 (Ano Seco), 2003 (Ano Habitual) e 2009 (Ano Chuvoso).

Fonte: INMET, organizado pelos autores.

No ano de reduzida pluviosidade (2015), os totais anuais de precipitação variam entre 1.036,50 e 1.612,30 mm, para as estações de Formosa e Rio Verde, respectivamente – tendo pouca redução com relação aos valores observados no ano habitual. O que chama atenção é que no ano seco de 2015 o período chuvoso tem término apenas em maio, um mês após a condição habitual.

Em algumas estações (Pirenópolis, Goiânia, Ipameri e Rio Verde) o período chuvoso tem início apenas em novembro. No ano seco de 2015 também se observa que os meses mais chuvosos e mais secos são diferentes do ano habitual, uma vez que o mês mais chuvoso passa a ser, predominantemente, fevereiro, e o mais seco passa a ser representado por junho ou agosto, com apenas três estações apresentando a falta de precipitação se estendendo para além de um mês, seja ao longo de junho e agosto, em Posse e Brasília, ou de junho a agosto, em Formosa.

Em 2009, ano de elevada pluviosidade, se evidencia considerável aumento dos acumulados de chuva quando comparados ao ano habitual, com valores partindo de 1.573,80 e alcançando os 2.338,50mm, visto em Catalão e Goiás, respectivamente. Além dos totais anuais, o período chuvoso também é ampliado, iniciando-

se já em setembro na maioria das estações observadas. Nesse ano tido como recorte amostral de um regime chuvoso para a região, o mês mais chuvoso passa a ocorrer principalmente em dezembro, com acumulados consideráveis, como por exemplo, os 443,9, 452,1 e 555,3mm registrados pelas estações de Goiânia, Aragarças e Goiás, respectivamente, enquanto que o mês mais seco ocorre sempre julho, com apenas 5 estações registrando a falta de chuva nesse mês.

Dessa forma, percebe-se que pluviograma de Schroder permite destacar os diferentes regimes de chuvas entre os anos habitual e os excepcionais (elevada e reduzida pluviosidade), em especial ao facilitar a comparação visual entre os totais anuais de precipitação, o início/término/duração dos períodos chuvosos e secos e a mudança dos meses caracterizados como mais seco e chuvoso entre os três anos analisados.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O método de representação da distribuição das precipitações por intermédio do pluviograma de Schroder se tornou bem conhecido na literatura, tendo sido empregado “reconhecer as características da distribuição real das precipitações”. Ainda, o método demonstrou grande precisão para a predição de ocorrência, sinalizando padrões de distribuição de chuva ao longo do recorte avaliado. Diante disso, os pluviogramas, tanto temporalmente, quando espacialmente, demonstram uma grande melhoria de resultados, e pode ser usado como uma ferramenta importante para a tomada de decisões na agropecuária. Por se tratar de uma região com expressiva aptidão e cultura para agropecuária, o método pode alterar a forma como as decisões no setor vem sendo tomadas, sobretudo para a aquisição de insumos, e comercialização de sementes e *commodities*.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARRAIS, Tadeu Pereira Alencar. **Geografia contemporânea de Goiás**. Goiânia: Vieira, 2004.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji; MASUTOMO, Ryo; CASTRO, Luís Hernan R. de; SILVA, Fernando A. Mmacena da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

BARROS, Juliana Ramalho. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Rio Claro, 2003.

CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; BARROS, Nairam Félix de; PRIETO, Hermínia Emília; NOVAIS, Roberto Ferreira. XIII – Avaliação da Fertilidade do Solo e Recomendação de Fertilizantes. In.: NOVAIS, Roberto Ferreira et al., **Fertilidade do Solo**, Viçosa, SBCS, 2007, 1050p.

DEUS, Ramonielly Malaquias Moreira de. **Eventos climáticos extremos no estado de Goiás e Distrito Federal**. 2017. 28 f. Monografia (Licenciatura em Geografia), Universidade Estadual de Goiás, Iporá, 2017.

FORMOSO, MILTON L.L. Some topics on geochemistry of weathering: a review. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 78, n. 4, p. 809-820, 2006.

MASTERS, G.; BAKER, P.; FLOOD, J. 2010. **Climate change and agricultural commodities**. CABI Working Paper 2, 38 pp.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira. **Chuvvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira; LUIZ, Gislaine Cristina; OLIVEIRA, Ivanilton José de. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil). **Élisée, Rev. Geo. UEG – Porangatu**, v.5, n.2, p.59-86, jul./dez. 2016.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira; DEUS, Ramonielly Malaquias Moreira de. Estudo comparativo da definição de anos-padrão do regime habitual e excepcional das precipitações a partir do ano civil e do ano hidrológico. In: PEREZ FILHO, Archimedes; AMORIM, R. R. (Orgs.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017, p. 1697-1706.

NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo. **Distribuição geográfica das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal**: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NIMER, Edmond. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa; RIBEIRO, José Felipe (Org.). **Cerrado**: ecologia e flora. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008.

RÓS, Vinicius Miranda da. **Variações climatológicas locais a partir de uma análise pluviométrica de Salvador – BA**. 2017. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2017.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 49-62, 2001.

SCHRODER, Rudolf. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 15, n. 18, p. 193-250, 1956.

SIMONET, Catherine. **Climate information and commodities prices (oral presentation)**. UNCTAD – Seventh Multi-year expert meeting on commodities and development, Geneva, Overseas Development Institute, 2015, 15p.

VASQUES, Hérica Silva. **O regime pluviométrico, o ritmo e as excepcionalidades das precipitações em Jataí – GO**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Editora Alínea, 2013.

AVALIAÇÃO DE MODELOS PARA A ESTIMATIVA DECENDIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Marco Antônio Fonseca Conceição¹

Autor para correspondência: marco.conceicao@embrapa.br

¹Embrapa Uva e Vinho

RESUMO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é uma variável utilizada em diferentes estudos climáticos, como, por exemplo, no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes métodos de estimativa decendial da evapotranspiração de referência (ET_o) com base na temperatura do ar, para as condições da região noroeste de São Paulo. Os dados meteorológicos diários foram coletados em uma estação meteorológica automática localizada em Jales, SP. O método de Penman-Monteith (ET_oPM) foi considerado padrão para efeito de comparação. Foram avaliados três modelos baseados na temperatura do ar: o método original de Hargreaves-Samani (ET_oHS); o modelo ajustado por Monteiro et al. (2017) (ET_oM); e o modelo para dados diários ajustado por Conceição (2013) (ET_oC). O modelo ET_oC apresentou o melhor desempenho na estimativa decendial da evapotranspiração de referência, para as condições do noroeste paulista.

PALAVRAS-CHAVE: Hargreaves-Samani; temperatura do ar; balanço hídrico

EVALUATING TEN-DAYS REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION MODELS

ABSTRACT

The reference evapotranspiration (ET_o) is a variable used in different climatic studies, such as in the Agricultural Climate Risk Zoning (ZARC). The objective of this work was to evaluate different methods of ten-day reference evapotranspiration (ET_o) estimation based on air temperature, for the northwest region of São Paulo state conditions. The daily meteorological data were collected in an automatic weather station located in Jales, SP. The Penman-Monteith method (ET_oPM) was considered standard for comparison. Three models based on air temperature were evaluated: the original Hargreaves-Samani method (ET_oHS); the model adjusted by Monteiro et al. (2017) (ET_oM); and the model for daily data adjusted by Conceição (2013) (ET_oC). The ET_oC model presented the best performance for reference evapotranspiration decendial estimation, in the northwest conditions of São Paulo state.

KEY-WORDS: Hargreaves-Samani; air temperature; water balance

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é uma variável frequentemente utilizada em estudos climáticos. Esse é o caso, por exemplo, do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), onde ela é empregada na determinação do balanço hídrico decendial no solo.

Vários métodos podem ser utilizados para a estimativa da ETo, sendo que o de Penman-Monteith (EToPM) é considerado, atualmente, como o método padrão (Paredes & Pereira, 2019). Nem sempre, entretanto, estão disponíveis todas as variáveis necessárias para a utilização desse método. Isso porque, além da precipitação pluvial, a maior parte das bases de dados apresentam séries históricas com apenas valores de temperaturas do ar.

Sendo assim, métodos de estimativa de ETo com base na temperatura são geralmente empregados nesses estudos, como, por exemplo, o modelo de Hargreaves-Samani (HS). Esse modelo, contudo, apresenta uma base empírica, necessitando muitas vezes, de calibração de acordo com o local em que vai ser adotado (Feng et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Zanetti et al., 2019). Conceição (2013) calibrou o modelo HS para dados diários, com base nas condições climáticas do noroeste paulista. Monteiro et al. (2017), por sua vez, realizaram uma calibração geral do modelo HS para todo o Brasil.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes métodos de estimativa decendial de ETo com base na temperatura do ar, para as condições da região noroeste de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados meteorológicos diários foram coletados na estação automática da Embrapa Uva e Vinho, em Jales, SP (20°10'S, 50°35'W, 455m), referentes aos anos de 2012 a 2018. Para a coleta das variáveis meteorológicas, foi empregado um sistema automático de aquisição de dados com registros efetuados a cada quinze minutos e totalizados diariamente. Com base nos dados diários, foram obtidos valores decendiais no mesmo período.

Para calcular a ETo pelo método de Penman-Monteith (EToPM), considerado padrão para efeito de comparação, foi utilizada a expressão apresentada por Conceição (2013). Foram avaliados três modelos baseados na temperatura do ar: o método original de Hargreaves-Samani (EToHS), descrito por Conceição (2013); o modelo de Hargreaves-Samani ajustado por Monteiro et al. (2017) para as condições brasileiras (EToM); e o modelo de Hargreaves-Samani ajustado por Conceição (2013), para valores diários de ETo nas condições do noroeste paulista (EToC), considerando a série histórica de 2004 a 2011.

As avaliações do desempenho dos valores de EToHS, EToM e EToC, em relação aos valores de EToPM, foram obtidas considerando-se os valores dos coeficientes de determinação (R^2), dos coeficientes angulares do modelo linear de regressão com a reta sendo forçada a passar pela origem, e do índice de desempenho (c), que resulta na multiplicação dos coeficientes de correlação (r) pelo índices de exatidão (d). O desempenho foi classificado como ótimo para valores de c maiores que 0,85; como muito bom para valores entre 0,76 e 0,85; como bom para valores entre 0,66 e 0,75; como regular para valores entre 0,51 e 0,65; como ruim para valores entre 0,41 e 0,50; e como péssimo para valores inferiores a 0,40.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação próximos a 0,90, representando uma baixa dispersão dos dados (Figura 1). No entanto, de acordo com os coeficientes angulares das retas de regressão linear (Figura 1), os modelos EToHS e EToM superestimaram os valores de EToPM em 36% e 39%, respectivamente, enquanto que o modelo EToC apresentou uma superestimativa de apenas 10%.

Figura 1: Valores decendiais de evapotranspiração de referência calculados pelos métodos de Penman-Monteith (EToPM), de Hargreaves-Samani (EToHS) e ajustados por Monteiro et al. (2017) (EToM) e Conceição (2013) (EToC). Jales, SP, 2012-2018.

Os índices de desempenho (c) de EToHS e EToM foram iguais a 0,65, o que os classifica como modelos de desempenho regular, em relação a EToPM (Tabela 1). Já o modelo EToM apresentou um índice de desempenho igual a 0,90, que é classificado como ótimo. Como já havia sido observado em relação aos valores de R^2 (Figura 1), os valores dos coeficientes de regressão (r) dos três modelos avaliados são semelhantes (Tabela 1). A maior diferença é apresentada no índice de exatidão (d), em que o modelo EToC apresenta um valor consideravelmente superior aos obtidos pelos modelos EToH e EToM.

Os resultados demonstram que o modelo original de Hargreaves-Samani e o modelo de Monteiro et al. (2017) apresentam desempenhos insatisfatórios nas condições do noroeste paulista. Observa-se, dessa maneira, que o uso desses modelos pode gerar erros consideráveis e comprometer a eficácia dos estudos climáticos. Quando se trata do ZARC, em especial, a adoção desses modelos poderia excluir certas regiões do zoneamento, tornando-as de alto risco em função de uma demanda hídrica superestimada.

Por essa razão, se faz necessária a calibração do modelo original de Hargreaves-Samani às condições climáticas regionais, como foi realizado por diversos autores (Conceição, 2013; Feng et al., 2017; Ferreira et al., 2018). No entanto, para o ZARC e outros estudos semelhantes, não seria viável a calibração desse modelo em todas as regiões de abrangência. Uma solução intermediária seria realizar os ajustes em função de variáveis climáticas de maior alcance. Zanetti et al. (2019), por exemplo, calibraram os valores de ETo no estado do Espírito Santo em função de diferentes tipos de clima, da presença de estação seca e chuvosa, da classe de amplitude térmica e do tipo climático combinado com a classe de amplitude térmica. Os autores observaram que os melhores resultados foram obtidos pelo ajuste por clima e classe de amplitude térmica, especialmente em dias com maiores valores de ETo.

Tabela 1. Coeficiente de correlação (r), índice de exatidão (d) e índice de desempenho (c) para os modelos de estimativa da evapotranspiração de referência de Hargreaves-Samani (EToHS), ajustado por Monteiro et al. (2017) e ajustado por Conceição (2013), em relação ao modelo padrão de Penman-Monteith para as condições do noroeste paulista.

Modelo	r	d	c	Classificação
EToHS	0,96	0,67	0,65	Regular
EToM	0,95	0,69	0,65	Regular
EToC	0,95	0,94	0,90	Ótimo

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo EToC apresentou o melhor desempenho na estimativa decendial da evapotranspiração de referência, para as condições do noroeste paulista, quando comparado ao modelo EToPM.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CONCEIÇÃO, M.A.F. Ajuste do modelo de Hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência no noroeste paulista. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.5, p.306-316, 2013.

FENG, Y.; JIA, Y.; CUI, N.; ZHAO, L.; LI, C.; GONG, D. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basin of southwest China. **Agricultural Water Management**, v.215, p.86-102, 2019.

FERREIRA, L.B.; CUNHA, F.F. da; DUARTE, A.B.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R. Calibration methods for the Hargreaves-Samani equation. **Ciência e Agrotecnologia**, v.42, n.1, p.104-114, 2018.

MONTEIRO, J.E.B.A.; CUADRA, S.V.; OLIVEIRA, A.F. de; NAKAI, A.M.; MACIEL, R.J.S. Estimativa da evapotranspiração diária baseada apenas em temperatura. **Agrometeoros**, v.25, n.1, p.239-248, 2017.

PAREDES, P.; PEREIRA, L.S. Computing FAO56 reference grass evapotranspiration PM-ET_o from temperature with focus on solar radiation. **Agricultural Water Management**, v.215, p.86-102, 2019.

ZANETTI, S.S.; DOHLER, R.E.; CECÍLIO, R.A.; PEZZOPANE, J.E.M.; XAVIER, A.C. Proposal for the use of daily thermal amplitude for the calibration of the Hargreaves-Samani equation. **Journal of Hydrology**, v.571, p.193-201, 2019.

UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AGROCLIMÁTICO

Francielle de Siqueira Castro¹; Rafael Jeremias de Santana²; Paulo Cezar Mendes¹
Autor para correspondência: franciellesiqueiracastro@gmail.com

¹Universidade Federal de Uberlândia; ²Sistema Solar Engenharia

RESUMO

Este estudo objetiva apresentar as etapas de confecção de equipamentos de baixo custo para o monitoramento de elementos meteorológicos, visando auxiliar nos trabalhos que se dedicam a conhecer dinâmica climática, intuindo a mitigação de impactos que possam ocorrer nos ambientes agrícolas. A construção dos mesmos se deu em quatro etapas: o planejamento orçamentário dos equipamentos, a construção dos termohigrômetros, instalação do software da plataforma Arduino® no aparelho e calibração e teste do produto final. Os equipamentos mostram-se eficientes, já que apresentam uma economia de aproximadamente 72%, em relação ao valor médio dos termohigrômetros orçados e ainda diante do processo de calibração nota-se uma variação de apenas 0,5°C no desvio médio padrão dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Termohigrômetros; Meteorológicos; Arduino®

USE OF LOW-COST EQUIPMENT FOR AGROCLIMATIC MONITORATION

ABSTRACT

This study aims to present the stages of preparation of low cost equipment for the monitoring of meteorological elements, aiming to assist in the works that are dedicated to know climate dynamics, intuit the mitigation of impacts that can occur in agricultural environments. The construction of the same was in four stages: the budgetary planning of the equipments, the construction of thermohygrometers, installation of the software of the Platform Arduino® in the apparatus and calibration and test of the final product. The equipments are efficient, since they have an economy of approximately 72%, in relation to the average value of the budgeted thermohygrometers and still before the calibration process, a variation of only 0.5 ° C in the standard mean deviation is noted.

KEY-WORDS: Thermohygrometers; Meteorology; Arduino®

INTRODUÇÃO

As manifestações resultantes do processo relacional entre a sociedade e a natureza no ambiente urbano, como inadequação na destinação dos resíduos, poluição generalizada, problemas desencadeados pelas precipitações e geração de um clima próprio, tem provocado complexas discussões na comunidade científica.

O comportamento atmosférico, e sua atuação sobre as atividades humanas, incitaram os grupos sociais a procurarem respostas para as diferentes intempéries provocadas pelos fenômenos climáticos. Neste sentido, cabe a ciência agrometeorológica, entender como as condições atmosféricas interferem no ambiente rural, bem como na produção agrícola desses ambientes.

Sendo a agricultura um sistema tecnológico artificial desenvolvido pelo homem, desde o período da Revolução Neolítica (5.000 a.C), com o objetivo de se obter alimento, fibra, e energia em quantidade suficiente para garantir sua subsistência da comunidade, a mesma necessita receber atenção dos diferentes ramos científicos.

Seja no ambiente escolar, no meio jornalístico, nas esferas governamentais e em tantos outros meios, as mudanças climáticas, locais ou globais, tem sido foco de discussões abrangentes e complexas, graças as multiplicidades de fatores que o tema engendra. As intenções de estudo estão desde o entendimento de suas causas, de seus impactos até as formas de mitigação, que representam um dos maiores desafios das ciências envolvidas com os mesmos.

Essa ênfase dada aos estudos climáticos globais, pode ser parcialmente explicado pela interferência acarretada nas mais variadas atividades humanas e na segurança do próprio ser humano. O conhecimento da sociedade acerca das trocas de influências entre o clima e as atividades sociais toma novos matizes no momento histórico presente, no qual é realidade o aumento da população global e da degradação ambiental, sejam estes no meio urbano ou rural (MENDONÇA, 2010, p.153).

Prevendo os riscos trazidos com as mudanças do clima no globo a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a UNEP (*United Nations Environment Programme*[1]) criaram em 1988 o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*[2]). O mesmo tem a função sintetizar e divulgar dados coletados pelos estudos que comprovem as mudanças climáticas e demonstrem o quanto as mesmas afetam a dinâmica atmosférica global. Dados do IPCC AR4 divulgado em fevereiro de 2007, garantem que o século XX, foi marcado por um aumento de 0,65°C na média da temperatura global, sendo este mais agravado na década de 90.

A agricultura é, sem dúvida, o ramo da economia que possui a maior interferência na ação exógena das alterações meteorológicas.

As condições atmosféricas afetam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para semeadura até a colheita, o transporte, o preparo, e o armazenamento dos produtos. As consequências de situações meteorológicas adversas levam constantemente a graves impactos sociais, e a enormes prejuízos econômicos, muitas vezes difíceis de serem quantificados. Mesmo em regiões com tecnologia avançada e com organização social suficiente para diminuir esses impactos, os rigores meteorológicos muitas vezes causam enormes prejuízos econômicos. Como as condições adversas do tempo são frequentes e muitas vezes imprevisíveis a médio e longo prazo, a agricultura constitui-se em atividade de grande risco. Exemplos são as ocorrências de secas prolongadas, os veranicos (períodos secos dentro de uma estação úmida), as geadas, e os períodos de chuva excessiva muitas vezes acompanhadas de granizo. (PEREIRA, et al, 2007, p.11).

Intuindo proporcionar a mitigação dos impactos gerados pelas alterações climáticas no meio rural, a Agrometeorologia se coloca à serviço da agropecuária, realizando estudos, executando proposições e ações que evitem o prejuízo direto do produtor com as intempéries sejam estes locais ou até mesmo globais.

[1] Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente



[2] Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

OBJETIVOS DO TRABALHO

Apesar de os estudos agrometeorológicos ter nos últimos anos prestado serviço valioso ao ambiente rural, o alto custo com o aparato tecnológico utilizado para o monitoramento dos fatores e elementos climáticos, têm inviabilizado grande parte dos estudos, principalmente aqueles vinculados ao ambiente acadêmico, que nos últimos anos sofre com os sucessivos cortes orçamentários. A tabela 1, mostra a cotação orçamentária de termohigrômetros com datalogger, utilizados para o monitoramento de temperatura e umidade de ambientes.

Os mesmos tornam-se inviáveis, visto que, a depender da área monitorada será necessária uma quantidade maior de equipamentos.

Tabela 1 – Planilha orçamentária de equipamentos.

Fabricante/ Modelo	Icel Manaus HT- 4010	Instrutherm HT- 70	Instrubras AKROM [®] KR420	Ômega [™] OM-EL-USB- 2-LCD	Onset Hobo [®] U-14
Valor em R\$	R\$449,00 + frete	R\$493,29 + frete	R\$540,00 + frete	R\$650,00 + frete	R\$720,00 + impostos de importação
Imagem					

Fonte: Levantamento realizado pela autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

Desta maneira, o presente artigo visa apresentar uma proposta de construção de equipamentos de baixo custo para monitoramento climático de ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de iniciar o processo de aquisição e montagem dos termohigrômetros, buscou-se a orientação do engenheiro electricista para análise da viabilidade técnica e econômica dos mesmos. O auxílio do profissional nos processos de criação, planejamento, programação e montagem aconteceu de forma voluntária em prol do avanço científico.

Perante a análise do Engenheiro alguns requisitos foram analisados para o processo de produção dos termohigrômetros. Havia a necessidade que o equipamento respondesse as seguintes características estruturais: custo baixo; dimensões e peso reduzidos, facilitando o transporte durante o campo; fonte de energia de fácil manuseio e disponibilidade, como pilhas tipo AA; autonomia de energia suficiente para no mínimo 6 horas de funcionamento ininterruptos; robustez e confiabilidade.

Além disso, o equipamento também necessitava ser capaz de colher, registrar e armazenar as temperaturas e umidade do ar em um intervalo de tempo e data específicos. A partir das características e funcionalidades elencadas foi possível o levantamento dos componentes eletrônicos necessários para a fabricação (Tabela 2).

Tabela 2 – Materiais utilizados na fabricação dos equipamentos de coleta de dados.

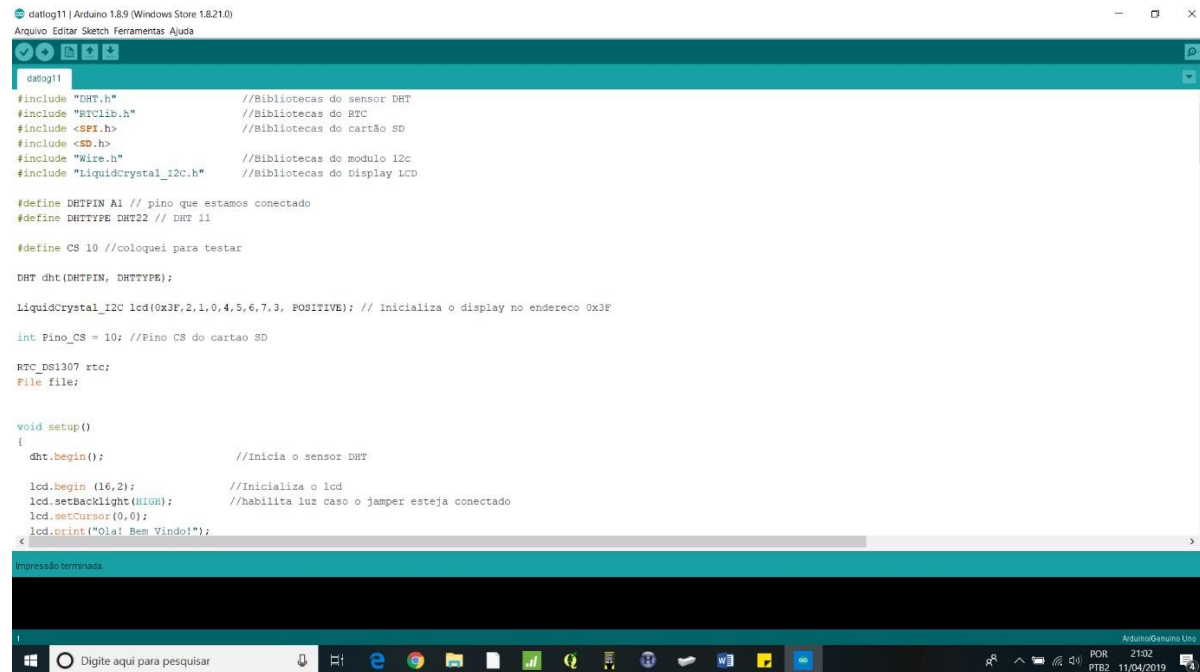
Quant.	Materiais	Quant.	Materiais
6	Sensor de umidade e temperatura DHT22 / AM2302	6	Suporte para pilha 4 lugares
6	Arduino [®] UNO R3	1	Display
6	Data logger shield	1	Caixa hermética multiuso slin
1	Cabo USB - B	5	Caixas plásticas multiuso
6	Pilha Lithium Botão Cr1220 3V	-	Demais componentes eletrônicos

6	Cartão de memória 8GB	24	Pilha Alcalina AA
---	-----------------------	----	-------------------

Fonte: Levantamentos da autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

Após a aquisição de todo o material a primeira etapa foi a programação. Utilizou-se a plataforma Arduino®, trata-se de uma interface open-hardware, que apesar de possui um ambiente de desenvolvimento próprio, figura 1, é baseado em linguagem de programação C.

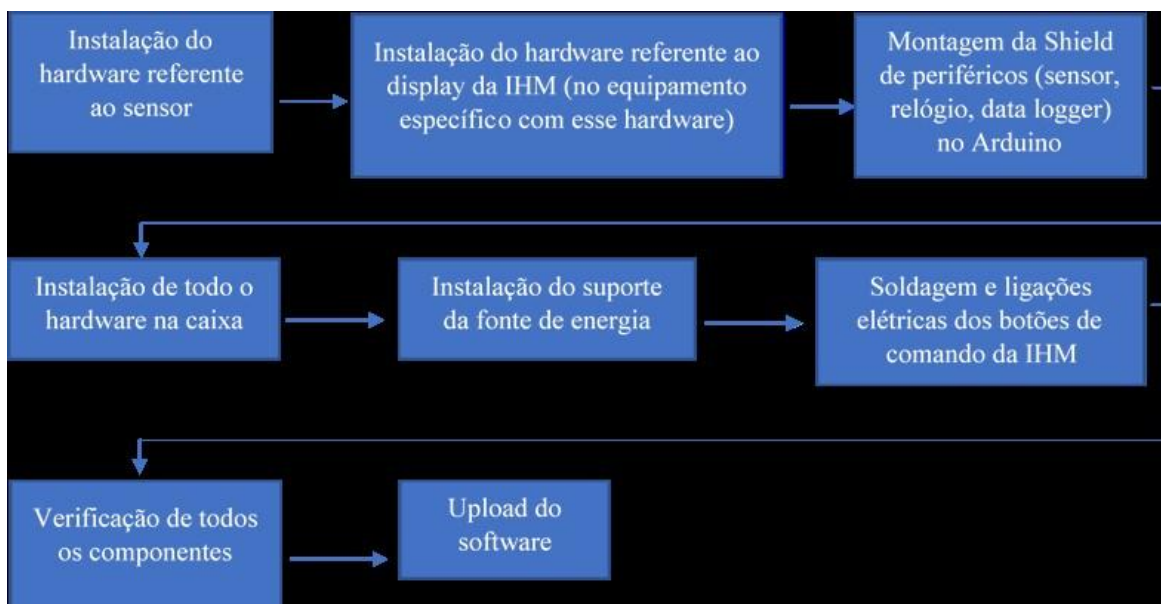
Figura 1 – Interface da plataforma de programação do Arduino®.



Fonte: Registro da autora, 2019.

As etapas de montagem do equipamento estão descritas no fluxograma a seguir, figura 2:

Figura 2 – Fluxograma das etapas de montagem dos termohigrômetros.



Elaborado por: CASTRO, F. S., 2019.

Na figura 3-a é possível visualizar a shield com periféricos encaixada ao Arduino formando o hardware principal. E já na figura 3-b tem-se todo o hardware dentro da caixa formando o termohigrômetro alternativo modelo com display.

Figura 3 – Imagens da montagem dos termohigrômetros.



Fonte: Registro da autora, 2019.

Após término da montagem dos termohigrômetros alternativos foi feito testes de funcionalidade e aplicabilidade no trabalho.

Cabe ressaltar que foram montados dois tipos de termohigrômetros, alguns deles possuem display (figura 4-a) para leitura dos dados e outros sem o visor de informação, visando tornar o projeto financeiramente mais viável, já que não havia a necessidade de apresentação dos dados no display, visto que os mesmos seriam armazenados e posteriormente extraídos para leitura, como mostra a figura 4-b.

Figura 4 – Imagens dos termohigrômetros alternativos prontos.



Fonte: Registro da autora, 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento de valores dos componentes eletrônicos, apresentou um custo de R\$160,30 por cada unidade dos termohigrômetros alternativos (tabela 3). Isso representa uma economia de aproximadamente 72%, em relação ao valor médio dos termohigrômetros disponíveis no mercado, citados na tabela 1.

Tabela 3 – Especificação e orçamento dos equipamentos utilizados para confecção do termohigrômetros.

Quantidade	Materiais	Valor unit. (R\$)	Valor agregado (R\$)
6	Sensor de umidade e temperatura DHT22 / AM2302	27,80	166,80
6	Arduino® UNO R3	25,75	154,50
6	Data logger shield	26,15	156,90
1	Cabo USB - B	10,00	10,00
6	Pilha Lithium Botão Cr1220 3V	6,00	36,00
6	Cartão de memória 8GB	20,00	120,00
24	Pilha Alcalina AA	2,50	60,00
6	Suporte para pilha 4 lugares	10,00	60,00
1	Display	25,00	25,00
1	Caixa hermética multiuso slin	12,80	12,80
5	Caixas plásticas multiuso	2,00	10,00
-	Demais componentes eletrônicos	30,00	30,00
-	Frete	-	120,00
68	-	198,00	962,00



Fonte: Levantamentos da autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019. *frete

Se compararmos as características finais dos equipamentos alternativos, quadro 2, com os aparelhos disponibilizados pela instituição (Laboratórios de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia e da Faculdade Ciências Integradas do Pontal ambos pertencentes a Universidade Federal de Uberlândia), quadro 1.

Notamos que as especificações dos equipamentos alternativos são equivalentes com os disponíveis no mercado. O único ponto negativo, atrelado ao termohigrômetro construído, é a autonomia energética, visto que, a capacidade das pilhas são de aproximadamente um mês, enquanto as dos outros equipamentos duram até seis meses.

Quadro 1 – Especificações dos equipamentos de coleta de dados.

Marca Modelo	Hobo® U-14 data logger	Instrutherm® HT-70
Faixa de temperatura e umidade de operação	-20 a + 50 °C / 0 a 95%	- 40 a 70°C / 0 a 100%
Capacidade de Temp. e RH	21.500 registros	32.700 registros
Intervalos de amostragem selecionáveis	1 segundo até 18 horas	1 segundo até 24 horas

??pelo software		
Precisão de temperatura e umidade	$\pm 0,21 \text{ }^\circ\text{C} / \pm 2,5\%$	$\pm 1^\circ\text{C} / \pm 3,0\%$
Imagem		

Fonte: Onsetcomp <<https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u14-001>> e Instrutherm <<https://www.instrutherm.net.br/dataloger-mod-ht-70>>. Acesso em: 01 de mar. de 2019.

Quadro 2 – Especificações dos termohigrômetros alternativos.

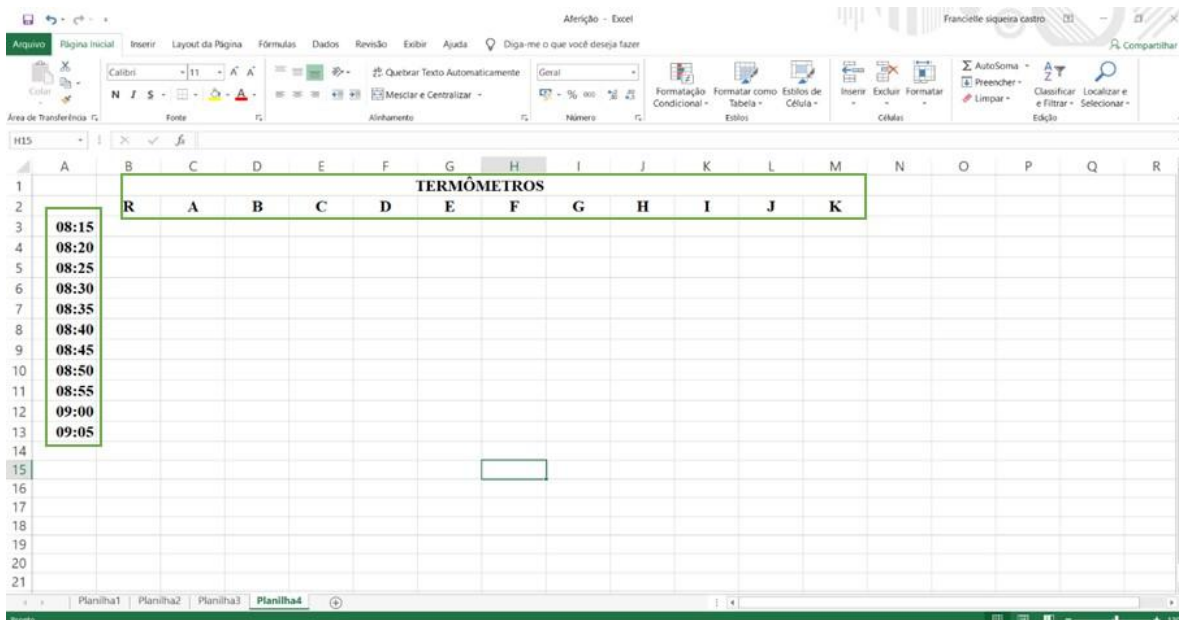
Marca Modelo	Termohigrômetro alternativo
Faixa de temperatura e umidade de operação	-40 a + 80 °C / 0 a 100%
Capacidade de Temp. e RH	> 99.999 registros (com SD Card de 8 GB)
Intervalos de amostragem programáveis no ??software	5 segundo até 24 horas
Precisão de temperatura e umidade	$\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C} / \pm 2,0\%$
Autonomia energética	30 dias aproximadamente

Fonte: Energia Solar Engenharia, 2019. Org.: Santana, R.J. 2019.

Para a calibração foi seguida a metodologia aplicada por Danni-Oliveira, em trabalho intitulado “Procedimentos de aferição de termômetros para atividades de campo em climatologia geográfica”, publicado no ano de 2002. Cabe destacar que outros trabalhos foram consultados, porém o que mais se adequava a pesquisa foi o supracitado. A seguir serão descritas as etapas para calibração.

A primeira etapa foi a criação de uma planilha no Excel, onde nas colunas são colocados os valores de temperatura coletados em cada equipamento e nas linhas os horários de leitura dos dados. Neste caso, utilizou-se as letras do alfabeto para identificação de cada um dos termohigrômetros. (Figura 5)

Figura 5 – Modelo de planilha para organização dos dados iniciais.



Fonte: Levantamentos da autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

A sugestão da autora desta metodologia é que sejam realizadas no mínimo cinco leituras simultâneas em cada termohigrômetro. Para este trabalho foram feitas 11 leituras, com intervalo de minutos entre cada coleta de dados. Os aparelhos foram emparelhados um ao lado do outro, como mostra a figura 6, em ambiente arejado sem a atuação de fontes de aquecimento ou resfriamento do ar. A aferição aconteceu das 08:00h às 09:05, porém nos 10 minutos iniciais as medidas não foram consideradas visando a estabilização dos termômetros.

Figura 6 – Aferição dos termohigrômetros para o trabalho de campo.



Fonte: Registro feito pela autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

Com os dados adquiridos, os mesmos foram tratados e organizados na planilha pré-elaborada, ficando como mostra a tabela 4. Após a organização dos dados utiliza-se o cálculo da média das leituras efetuadas em cada horário de todos os aparelhos. (Figura 7).

Tabela 4 – Organização dos dados de aferição.

TERMOHIGRÔMETROS												
Horário	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K

08:15	24.60	24.70	24.80	24.70	24.60	24.70	24.80	25.00	24.80	24.90	24.80	24.70
08:20	24.60	24.50	24.70	24.60	24.60	24.60	24.70	25.10	24.90	24.90	24.90	24.70
08:25	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.50	24.70	25.10	24.90	24.90	24.80	24.70
08:30	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.50	24.60	25.10	25.00	24.90	24.90	24.70
08:35	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.60	25.20	25.00	25.00	25.00	24.80
08:40	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.60	25.20	25.00	25.00	25.00	24.90
08:45	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.60	25.20	25.10	25.10	25.00	24.90
08:50	24.60	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.70	25.30	25.10	25.10	25.10	24.90
08:55	24.60	24.60	24.50	24.60	24.50	24.40	24.70	25.30	25.20	25.10	25.10	24.90
09:00	24.60	24.60	24.50	24.60	24.50	24.40	24.70	25.40	25.20	25.20	25.10	25.00
09:05	24.60	24.60	24.50	24.60	24.50	24.40	24.60	25.40	25.20	25.20	25.20	25.00

Fonte: Levantamentos da autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

Figura 7 – Planilha com temperatura de cada termohigrômetro e a média para cada horário.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Média
08:15	24.60	24.70	24.80	24.70	24.60	24.70	24.80	25.00	24.80	24.90	24.80	24.70	24.76
08:20	24.60	24.50	24.70	24.60	24.60	24.70	25.10	24.90	24.90	24.90	24.70		24.73
08:25	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.50	24.70	25.10	24.90	24.90	24.80	24.70	24.70
08:30	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.50	24.60	25.10	25.00	24.90	24.90	24.70	24.71
08:35	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.60	25.20	25.00	25.00	25.00	24.80	24.73
08:40	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.60	25.20	25.00	25.00	25.00	24.90	24.74
08:45	24.50	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.60	25.20	25.10	25.10	25.00	24.90	24.76
08:50	24.60	24.60	24.60	24.60	24.50	24.40	24.70	25.30	25.10	25.10	25.10	24.90	24.79
08:55	24.60	24.60	24.50	24.60	24.50	24.40	24.70	25.30	25.20	25.10	25.10	24.90	24.79
09:00	24.60	24.60	24.50	24.60	24.50	24.40	24.70	25.40	25.20	25.20	25.10	25.00	24.82
09:05	24.60	24.60	24.50	24.60	24.50	24.40	24.60	25.40	25.20	25.20	25.20	25.00	24.82

Fonte: Levantamentos da autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

Em seguida são calculados os desvios da média horária apresentado pelos termohigrômetros com a seguinte equação:

$$D_A = L_A - M_I$$

Onde:

D_A é o desvio da temperatura registrada no termohigrômetro A para o primeiro horário;

L_A é a temperatura do termômetro A registrada para o primeiro horário e;

M_I é a média aritmética das temperaturas registradas em todos os termômetros no primeiro horário das observações.

Os resultados podem ser positivos, quando os desvios estão acima da média, ou negativos, quando os desvios apresentarem valores abaixo da média. Com os desvios encontrados precisa-se calcular a média aritmética dos desvios, sendo respeitado os sinais de + ou -. (Tabela 5)

Tabela 5 – Desvios da temperatura da média horária e média dos desvios de cada termohigrômetro.

Hora	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
08:15	-0.158	-0.058	0.041	-0.058	-0.158	-0.058	0.242	0.242	0.042	0.142	0.042	-0.058
08:20	-0.133	-0.233	-0.033	-0.133	-0.133	-0.133	0.367	0.367	0.167	0.167	0.167	-0.033
08:25	-0.200	-0.100	-0.100	-0.100	-0.200	-0.200	0.400	0.400	0.200	0.200	0.100	0.000
08:30	-0.208	-0.108	-0.108	-0.108	-0.208	-0.208	0.392	0.392	0.292	0.192	0.192	-0.008
08:35	-0.233	-0.133	-0.133	-0.133	-0.233	-0.333	0.467	0.467	0.267	0.267	0.267	0.067
08:40	-0.242	-0.142	-0.141	-0.141	-0.242	-0.342	0.458	0.458	0.258	0.258	0.258	0.158
08:45	-0.258	-0.158	-0.158	-0.158	-0.258	-0.358	0.442	0.442	0.342	0.342	0.242	0.142
08:50	-0.192	-0.192	-0.191	-0.191	-0.292	-0.392	0.508	0.508	0.308	0.308	0.308	0.108
08:55	-0.192	-0.192	-0.291	-0.191	-0.292	-0.392	0.508	0.508	0.408	0.308	0.308	0.108
09:00	-0.217	-0.217	-0.316	-0.216	-0.317	-0.417	0.583	0.583	0.383	0.383	0.283	0.183
09:05	-0.217	-0.217	-0.316	-0.216	-0.317	-0.417	0.583	0.583	0.383	0.383	0.383	0.183
Méd. desvio	-0.205	-0.159	-0.159	-0.150	-0.241	-0.295	0.450	0.450	0.277	0.268	0.232	0.077

Fonte: Levantamentos da autora. Org.: CASTRO, F.S. 2019.

A partir desses valores é possível realizar a correção dos dados coletados durante todo o trabalho de campo, somando às temperaturas o desvio médio quando for negativo e diminuindo quando o valor for positivo.

Nota-se na tabela de desvios que tanto os aparelhos alternativos, quanto os comerciais apresentam desvios menores que 0,5 °C sejam estes para mais ou para menos. Isso indica que os aparelhos de baixo custo respondem bem a proposta de utilização na coleta de dados de ambiente em campo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O processo de pesquisa só é possível, com a busca incessante por respostas às nossas dúvidas, curiosidades em relação as diferentes temáticas que a ciência nos proporciona. A pesquisa e a investigação tornam-se de certo modo uma ferramenta de autoconhecimento, visto que, propicia o reconhecimento de nossas preferências no ambiente acadêmico. Reconhecer na ciência uma conexão entre os elementos naturais e os culturais dentro do espaço geográfico nos faz percorrer para uma linha de discussão com uma infinidade de possíveis respostas aos questionamentos.

A dificuldade de aquisição de dados climáticos através de equipamentos oficiais (Estações Meteorológicas), vinculado principalmente ao alto custo desses materiais, alavanca a necessidade de utilização de aparelhos alternativos para a realização das pesquisas, principalmente aquelas voltadas para estudos de microclima cuja as medidas devem ser as mais precisas possíveis. Desta maneira este trabalho apresentou, através de

experimentações práticas, as etapas de construção de termohigrômetros alternativos com datalogger, que podem ser utilizados em pesquisas temáticas da agrometeorologia.

Os equipamentos se mostraram eficientes, tanto na proposta de coleta de dados de temperatura e umidade, quando comparados aos equipamentos comercializados no mercado, quanto na viabilidade orçamentária, já que os mesmos apresentam uma economia de aproximadamente 72%, em relação ao valor médio dos termohigrômetros orçados.

A confiabilidade dos dados se amparou na calibração dos equipamentos, que apresentaram uma variação 0,5°C no desvio médio padrão. Quando o objetivo é analisar diferentes pontos amostrais de uma área, os equipamentos devem estar calibrados entre si, de modo que permitam a comparação dos dados entre eles”.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de doutorado, o que tornou possível a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

MENDONÇA, Francisco de Assis. Riscos E Vulnerabilidades Socioambientais Urbanos: a contingência climática. *Mercator*, Curitiba, v. 1, n. 9, p.153-163, dez. 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>> Acesso em: agosto de 2014.

PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. **Guia metodologica de capacitación en gestión ambiental urbana para universidades de América Latina y el Caribe**. Nova York: UNDP/UNOPS, 1997.

CALLEJAS, I. J. A. Contribuição ao processo de calibração de sensor de temperatura do tipo termistor com auxílio da plataforma Arduino. **2º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental**, 2014.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C.; **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíra, ComTexto, 2002.

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO VERÃO 2018/2019 E SEUS EFEITOS NO PARANÁ, BRASIL

Andrea Malheiros Ramos¹

Autor para correspondência: andrea.ramos@inmet.gov.br

¹Instituto Nacional de Meteorologia

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento das variáveis como chuva e temperaturas (máxima e mínima) durante o período de dezembro de 2018 a março de 2019, agregando a parte sinótica e a climática no estado do Paraná, principalmente em áreas mais afetadas como o oeste e norte do estado com registro significativo de perdas nas lavouras de soja. Para tal propósito foram utilizados como referência para análise do clima e tempo, dados das estações meteorológicas do INMET que correspondem a de Maringá e Londrina, devido a serem estações meteorológicas do tipo convencional e as estações automáticas para um período mais recente, de 2000 a 2018, além de analisar a climatologia do verão no período de 1981-2010. As metodologias adotadas para análise da climatologia corresponde a Normal Climatológica do Brasil 1981-2010, disponibilizada na página do INMET, com o procedimento de cálculo estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia; Chuva; Agricultura.

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS IN SUMMER 2018/2019 AND ITS EFFECTS IN PARANÁ, BRAZIL.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the behavior of variables such as rainfall and temperatures (maximum and minimum) during the period from December 2018 to March 2019, adding the synoptic part and the climate in the state of Paraná, especially in the most affected areas such as west and north of the state with significant loss record in soybean crops. For this purpose were used as a reference for climate analysis and time data from weather stations INMET that correspond to Maringa and Londrina, due to be weather stations of the conventional type and automatic stations to a more recent period, 2000-2018, in addition to analyzing the summer climatology in the period 1981-2010. The methodologies adopted for climatology analysis correspond to Normal Climatology of Brazil 1981-2010, available on the INMET page, with the calculation procedure established by the World Meteorological Organization (WMO).

KEY-WORDS: Climatology,; Rain,; Agriculture.

INTRODUÇÃO

No final do ano de 2018 e começo de 2019, as lavouras de soja sofreram perdas no seu potencial produtivo principalmente nos dois estados maiores produtores do país, Mato Grosso e Paraná, devido as condições meteorológicas um vez que, a agricultura é uma atividade dependente de fatores climáticos, por isso a mudança no clima pode afetar a produção agrícola de várias formas como na mudança na severidade de eventos extremos, no número de graus-dia de crescimento devido as alterações na temperatura do ar,

modificação na ocorrência e na severidade de pragas e doenças, dentre outros. O aumento da temperatura e modificações no regime da chuva, poderá provocar perdas significativas nas safras de grãos e alterar a geografia da produção agrícola brasileira.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento das variáveis como chuva e temperaturas (média, máxima e mínima) durante o período de dezembro de 2018 a março de 2019, agregando a parte sinótica e a climática no estado do Paraná, principalmente em áreas mais afetadas como o oeste e norte do estado com registro significativo de perdas nas lavouras de soja. Para tal propósito foram utilizados como referência para análise do clima e tempo, dados das estações meteorológicas do INMET que correspondem a de Maringá e Londrina, devido a serem estações meteorológicas do tipo convencional e as estações automáticas para um período mais recente, de 2000 a 2018, além de analisar a climatologia do verão para o período de 1981-2010. As metodologias adotadas para análise da climatologia corresponde a Normal Climatológica do Brasil 1981-2010, disponibilizada na página do INMET, com o procedimento de cálculo estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do objetivos foram utilizados dados das estações convencionais e automáticas localizadas no estado do Paraná, enfatizando as áreas mais afetadas pela estiagem que ocorreu, principalmente nos meses de dezembro de 2018 e janeiro de 2019. Os métodos para análise foi composta por um conjunto de informações provenientes de relatos dos agricultores, divulgadas nos site especializados (Notícias Agrícolas) e a partir dessa constatação, se fez uma análise das condições do tempo e clima. A parte climatológica, utilizou as normais climatológicas que são referências para todas as atividades que envolvem variáveis atmosféricas, além de possuírem inúmeras aplicações, pois são fundamentais para a descrição do clima e sua variabilidade.

A metodologia desenvolvida seguiu as recomendações da OMM (documento Técnico WMO-TD/No. 341) com referência de 1981-2010 para as estações convencionais localizadas em Maringá e Londrina, média 2010-2018 para as estações automáticas localizadas em Marechal Cândido Rondon, Joaquim Távora e Icaraíma, embora haja outras estações automáticas localizadas no estado, não foram utilizadas pois os dados não estarem em de acordo com as regras da OMM para o cálculo e por fim, calculou a climatologia da estação verão (21 de dezembro a 20 de março) no período de 1981-2010 e o valor anual dos verões das temporadas a partir 1981/1982 até 2018/2019.

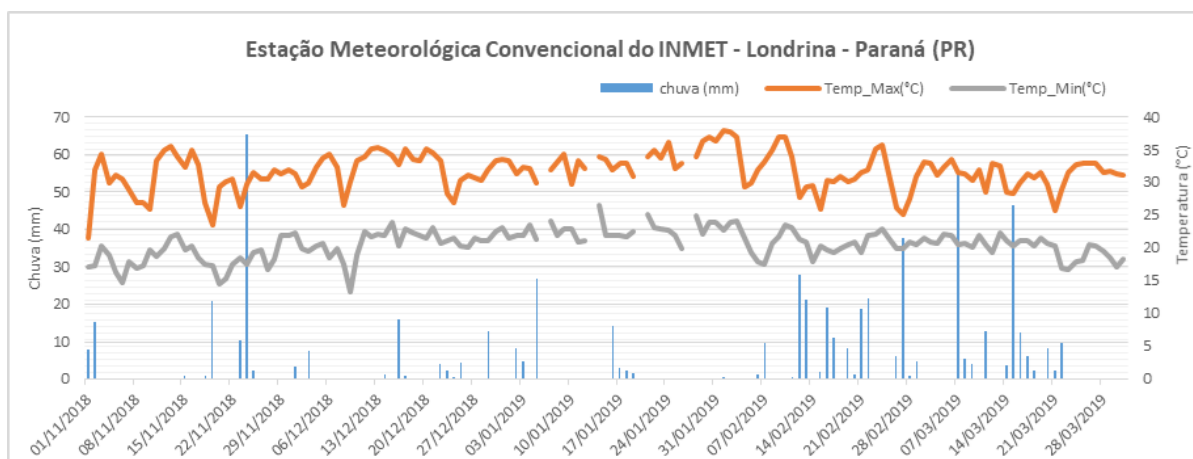
A importância das Normais Climatológicas, segundo a OMM é que os dados climáticos são frequentemente mais úteis quando comparados com valores normais padronizados, assim considerados aqueles obtidos segundo suas próprias recomendações técnicas. Torna-se, assim, de suma importância o cálculo e a publicação das Normais Climatológicas “Padronizadas”. Na ausência destas, por escassez ou má qualidade de dados, o uso das Normais “Simples” ou “Provisórias” são alternativas aceitáveis. Embora a Agroclimatologia seja a principal área técnica beneficiária, praticamente todas as atividades humanas dependem das informações climatológicas, do setor produtivo à saúde pública, das atividades esportivas ao lazer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

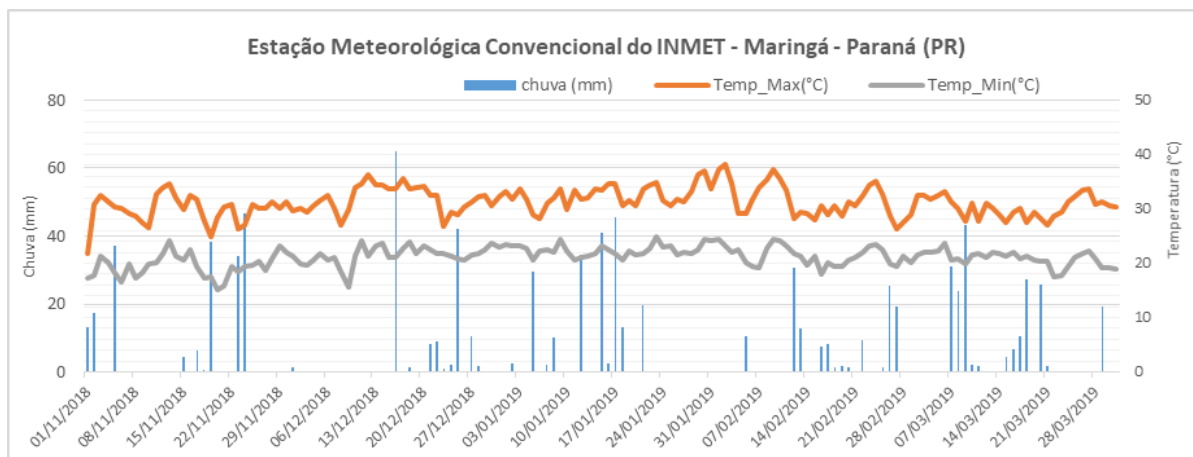
O verão brasileiro, que tem início oficialmente em 21 de dezembro, é iniciado com chuvas frequentes em praticamente todo o País e na região Sul. Em janeiro, a climatologia mostra que os maiores acumulados de chuva ocorrem no extremo norte e na faixa litorânea e são inferiores a 350 mm no Paraná, enquanto que em fevereiro, os menores acumulados de chuvas inferiores a 150 mm ocorrem no centro e no restante do estado os acumulados ficam na ordem de 200mm. Em março, a parte sudoeste do estado, os acumulados ficam na ordem de 125 a 150mm, enquanto que no restante do estado, predomina acumulados acima de 150mm com máximos de 200mm na faixa litorânea.

Em dezembro, o potencial produtivo de parte das lavouras de soja do Brasil, com destaque nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, sofreram em função das adversidades climáticas, caracterizado por um período seco e quente, devido as elevadas temperaturas e a falta de chuvas, por conta da atuação da configuração de um bloqueio atmosférico impedindo o avanço de frentes frias. No Paraná, mesmo com as chuvas registradas foram limitadas e insuficientes para promover uma mudança significativa no estado que registraram perdas consideráveis em função da seca, principalmente no oeste, norte e centro-sul do estado. As chuvas significativas que ocorreram em dezembro, foram em áreas produtoras do Centro-Sul do Brasil, que amenizou a condição de lavouras de soja da safra 2018/2019. Em janeiro, algumas regiões produtoras receberam precipitações na última semana de dezembro, mas ainda se comportando de forma irregular e com volumes limitados principalmente no Paraná, onde a situação foi a mais crítica com perdas severas na soja antecipando o ciclo das lavouras, apesar do registro de acumulados de chuva variando entre 20 e 40 mm no estado nos últimos 10 dias.

Os sistemas meteorológicos que influenciaram as condições de tempo na Região Sul durante o período de registro de poucas chuvas na região de interesse, predominou a presença de sistemas de origem frontais, calor e umidade os quais induziram forte áreas de instabilidades, massa de ar frio e quente. Em dezembro, as maiores anomalias negativas de chuvas ocorreram no centro e norte do Paraná, como em Londrina (PR) que registrou 52,9 mm enquanto que a climatologia é de 221,1 mm e apesar da incursão de sistemas frontais, o deslocamento ocorreu pelo litoral ou atingindo de forma continental apenas o estado do Rio Grande do Sul (RS). Janeiro persistiu as maiores anomalias negativas no estado com registro de chuva mensal de 25,8mm em Maringá, chovendo cerca de 12% da climatologia que é de 218,6mm, mantendo o padrão do deslocamento da maioria dos sistemas pelo litoral. Em fevereiro, houve registro de chuvas concentrando as maiores anomalias positivas no estado, devido a influência das frentes frias e as áreas de instabilidades, associadas ao calor e a alta umidade. O gráfico 1 mostra os dados das estações meteorológicas convencionais do INMET do período de 01 de novembro de 2018 a 31 de março de 2019 de Londrina (a) e Maringá (b) e mostram que as estações registraram chuvas fracas durante o período, com intervalos sem registro de chuvas significativos como pode ser observado nas primeiras semanas de dezembro de 2018 e janeiro de 2019 e em relação as temperaturas, os registros temperaturas máximas elevadas principalmente em janeiro de 2019. A condição do fenômeno El Niño se mante-se na categoria de fraco durante os meses de estiagem, sendo que em fevereiro, o oceano Pacifico Equatorial ficou na fase neutra, quando as anomalias médias de temperatura na superfície do mar (TSM) estão entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



(a)



(b)

Gráfico 1: Evolução temporal das variáveis meteorológicas chuva (mm) e temperaturas (máxima e mínima) das estações convencionais de Londrina (a) e Maringá (b) no período de 01 de novembro de 2018 a 31 de março de 2019.

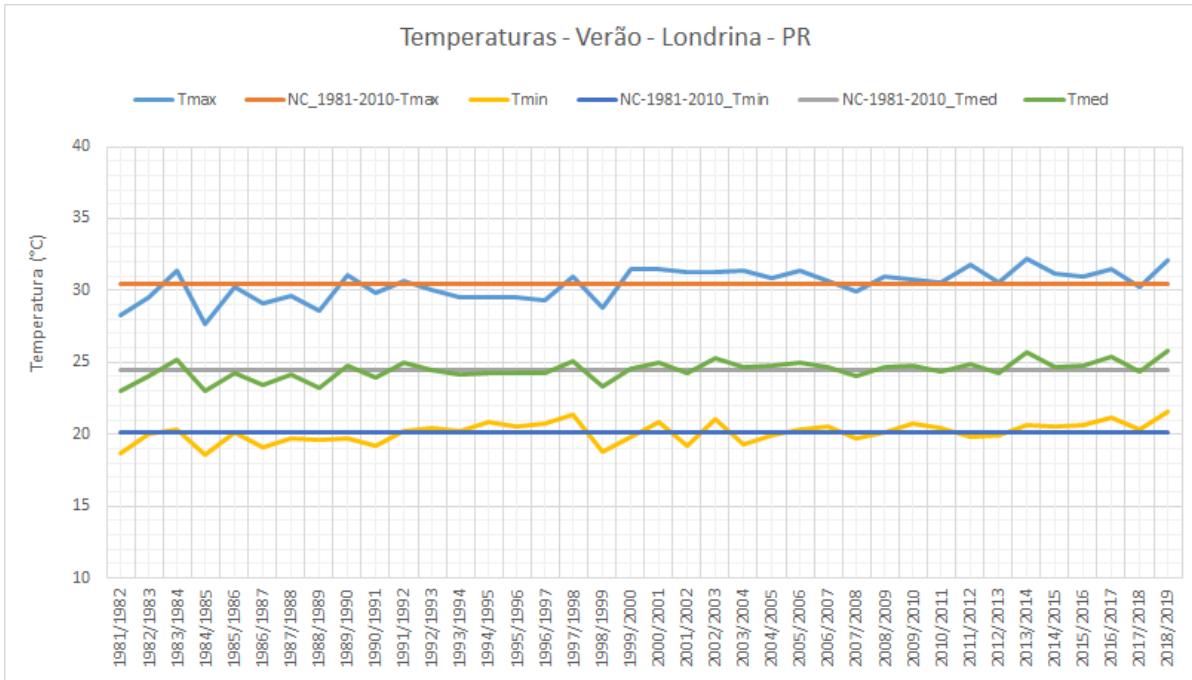
Em relação ao registro de chuvas nas estações automáticas, como pode ser observado no quadro 1, os dados mostram o quanto foi seco para os municípios citados, prevalecendo chuvas abaixo da média 2000-2018, como em Marechal Cândido Rondon que choveu cerca de menos de 25% (39,8mm) do esperado (169,4mm) situação similar nos meses seguintes, só voltando a ter registro de chuva considerável em março de 2019. Em Icaraíma, choveu 22% (28,8mm) do esperado para dezembro (130,1mm), mas em janeiro houve registro de chuvas significativas, persistindo para os demais meses. Em Joaquim Távora, cidade mais a nordeste do estado, houve registro de chuvas próximo ao esperado, indicando o quanto as chuvas foram irregulares dificultando os produtores e consultores na avaliação do potencial de recuperação das lavouras.

Quadro 1: Registro das chuvas nas estações automáticas do INMET versus a média para o período 2000-2018 para as cidades localizadas no Paraná.

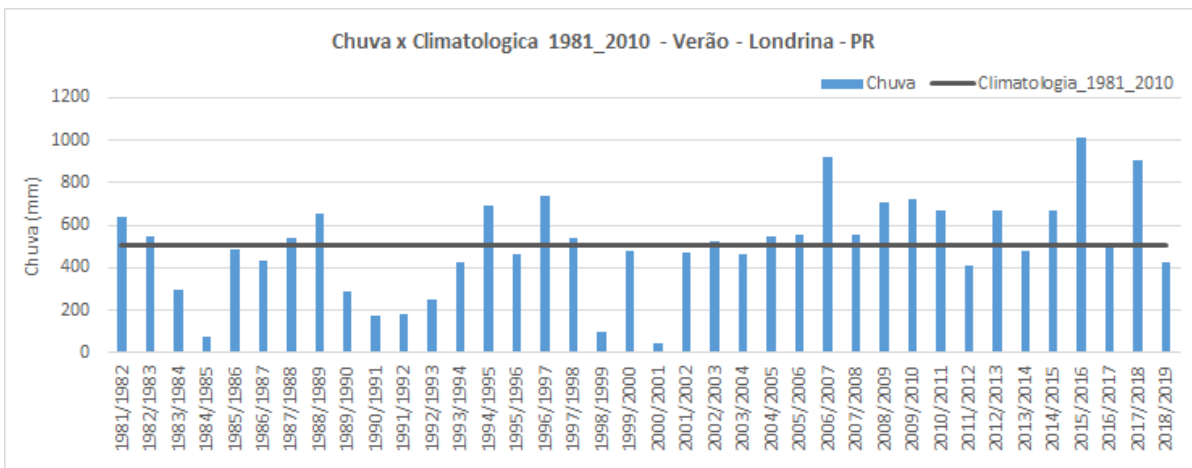
Cidades	Dez/2018	Méd.Clim. 2000-2018	Jan/2019	Méd.Clim. 2000-2018	Fev/2019	Méd.Clim. 2000-2018	Mar/2019	Méd.Clim. 2000-2018
Marechal Cândido Rondon	39,8	169,4	29,0	187,8	87,0	184,1	178,6	97,1
Joaquim Távora	126,4	149,7	162,6	213,8	103,4	137,3	16,8	102,3
Icaraíma	28,8	130,1	121,6	150,9	128,4	157,3	119,8	100,5

O gráfico 2 mostra a evolução temporal da climatologia Verão 1981-2010 das variáveis meteorológicas chuva (mm) e temperaturas (média, máxima e mínima) das estações convencionais de Londrina (a,b) e Maringá (c,d) versus as temporadas da estação verão desde 1981/1982 a 2018/2019. Observa-se de um modo geral um aumento das temperaturas na estação do verão, principalmente de desde a temporada 2011/2012, mas o aumento foi registrado na última temporada dez/2018 a mar/2019, confirmando o que vem sendo observado e noticiado, considerado o janeiro de 2019 no Brasil quente, acompanhando a tendência registrada nos últimos anos, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, com ondas de calor atuando em grande parte do país e recordes históricos estabelecidos em 2019 desde o começo das observações meteorológicas. Os estados da região Sul, onde a climatologia apresenta temperaturas mais amenas, registrou em Curitiba (Paraná) 30,3°C considerado o mais quente desde 1935. Em relação as chuvas apresentam um padrão oscilando com temporadas acima e abaixo da climatologia, de forma que na

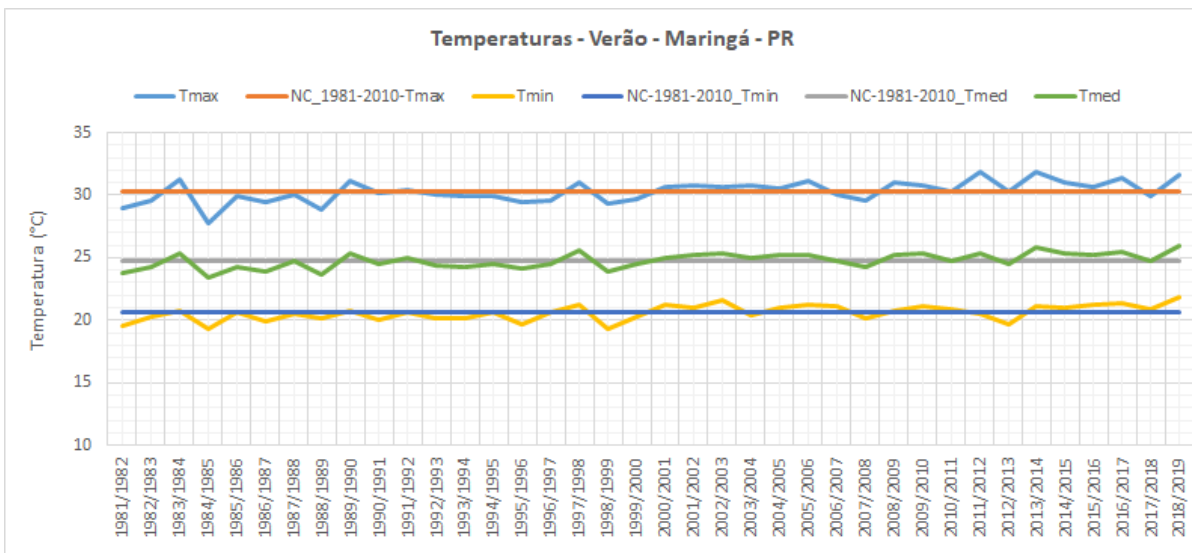
temporada dez/2018 a mar/2019 em Londrina as chuvas abaixo da climatologia enquanto que em Maringá, as chuvas um pouco acima da climatologia.



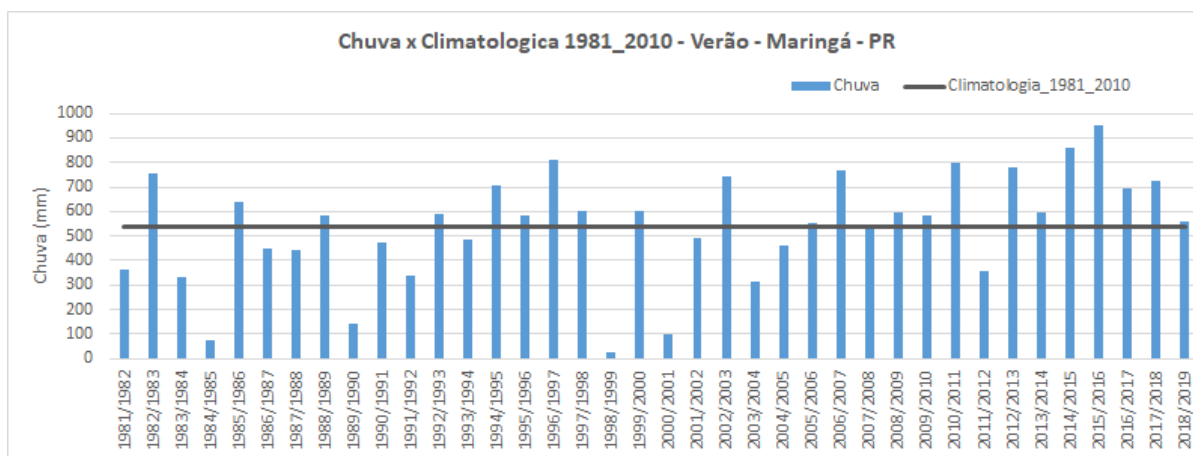
(a)



(b)



(c)



(d)

Gráfico 2: Climatologia Verão 1981-2010 das variáveis meteorológicas chuva (mm) e temperaturas (média, máxima e mínima) das estações convencionais de Londrina (a,b) e Maringá (c,d) versus as temporadas da estação verão desde 1981/1982 a 2018/2019.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Janeiro, os primeiros dias de 2019 foram marcados por chuvas abaixo do normal nas principais áreas produtoras de soja do Brasil, setor de maior exportador global da oleaginosa com perdas concretas após um dezembro seco e de altas temperaturas. As chuvas ficaram abaixo da climatologia em janeiro no Paraná, apesar do registro de chuvas na última semana de dezembro, mas as anomalias de chuvas foram negativas em praticamente todo o estado, que persistiu em janeiro e em fevereiro, houve registro de chuvas concentrando as maiores anomalias positivas no estado, devido a influência das frentes frias e as áreas de instabilidades, associadas ao calor e a alta umidade. Este padrão de temperaturas elevadas associado com chuvas abaixo da climatologia e mal distribuídas, favoreceu no agravamento de perdas nas safras nos estados, principalmente nas áreas do estado do Paraná, segundo Aprosoja-Brasil, estimando que em janeiro, a produção de soja do Brasil na safra 2018/2019, em fase inicial de colheita, apresentou um viés de baixa após o agravamento da falta de chuva com perdas consolidadas no estado, estimando uma produção de 110 a 115 milhões de toneladas da oleaginosa neste ciclo (Notícias Agrícolas, 2019) de forma que, o fator condicionante foi o clima. Um dos impactos do tempo muito quente e seco que ocorreram durante dezembro e janeiro influência na aceleração da maturidade da soja que resulta em grãos pequenos e perdas irreversíveis de produtividade. As regiões mais afetadas no Paraná ocorreram no oeste e sul do estado com perdas consolidadas.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990/Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Forte. 465pp., ISBN: 978-85-62817-01-4, Brasília, DF, 2009. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>

Municípios do noroeste do PR que ficaram 40 dias sem chuvas, registram perdas de até 30% na produção do milho de segunda safra. Notícias Agrícolas, Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/clima/235130-municipios-do-noroeste-do-pr-que-ficaram-40-dias-sem-chuvas-registram-perdas-de-ate-30-na-producao.html#.XSzmrflKiUk>>. Acesso em: 10 jul. 2019 Safra brasileira de soja perde potencial diariamente com seca e calor. Notícias Agrícolas, Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/soja/227131-safra-brasileira-de-soja-perde-potencial-diariamente-com-seca-e-calor.html#.XSzniPKiUk>>. Acesso em 10 jul. 2019.

A PREVISÃO DO TEMPO A SERVIÇO DA SOCIEDADE ATRAVÉS DE RÁDIO E MÍDIAS DIGITAIS

Taís BRuna Tiss dos santos¹; Vitor Sales Cardoso¹; Frank Junior Tiss Dos Santos¹; Rafael de Àvila Rodrigues¹

Autor para correspondência: taistiss.georc@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás

RESUMO

É axiomático que o clima é um fator determinante para a dinâmica da sociedade, os diferentes tipos de fenômenos atmosféricos influenciam diretamente na agricultura, comércio (vestuário), indústria ou até na mobilidade urbana. Nesse sentido faz-se necessário saber como será a previsão do tempo, se há possibilidade de chuva, sol ou frio. O presente artigo tem como objetivo demonstrar a importância de divulgar a previsão do tempo e clima em veículos de comunicação como a rádio e mídias digitais, buscou-se o apoio da Rádio Sucesso 97.5 FM, para a divulgação de boletins meteorológicos de segunda a sexta-feira, às 11 horas da manhã. A previsão será realizada por meio de análises e consultas ao Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O foco principal será disponibilizar um conjunto de informações sobre as condições do tempo atmosférico em Catalão e Região Sudeste de Goiás, indicar as condições meteorológicas, e os principais sistemas atmosféricos atuantes que podem influenciar e determinar as condições do tempo para a sociedade e aos produtores rurais, sendo: alertas para eventuais eventos severos no tempo, planejamento das atividades agrícolas, registro de ocorrência de eventos adversos e extremos, ou seja tomada de decisão mais precisa aos gestores municipais e utilidade pública.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão do Tempo; Boletim Meteorológico; Mídias Digitais

THE FORECAST OF THE TIME AT THE SERVICE OF THE COMPANY THROUGH RADIO AND DIGITAL MEDIA

ABSTRACT

It is axiomatic that climate is a determining factor for the dynamics of society, the different types of atmospheric phenomena directly influence agriculture, trade (clothing), industry or even urban mobility. In this sense it is necessary to know how the weather will be, if there is possibility of rain, sun or cold. The purpose of this article is to demonstrate the importance of disseminating the weather and climate forecast in communication vehicles such as radio and digital media, the support of Radio Sucesso 97.5 FM was sought for the dissemination of meteorological bulletins from Monday to Friday, at 11 o'clock in the morning. The forecast will be made through analyzes and consultations with the Center for Weather Forecasting and Climate Studies (CPTEC) and the National Institute of Meteorology (INMET). The main focus will be to provide a set of information on weather conditions in Catalan and Southeastern Goiás, indicate the meteorological conditions, and the main atmospheric systems that can influence and determine the weather conditions for society and rural producers, being: alerts for eventual severe events in the time, planning of agricultural activities, record of occurrence of adverse and extreme events, that is, decision making more precise to municipal managers and public utility.

KEY-WORDS: Weather forecast; Weather report; Digital media

INTRODUÇÃO

A realização da previsão do tempo se deu desde a antiguidade, no período de existência dos povos antigos como Mesopotâmia, China, Egito, Índia e Grécia. Sant'Anna Neto (2001) relata que as civilizações mais primitivas se preocupavam com os fenômenos climáticos devido à influência no seu cotidiano e em suas atividades para a sua sobrevivência material. Esses povos dependiam das variações sazonais dos períodos secos e chuvosos, quentes e frios para cultivar a terra, para determinar o período de caça, das migrações e de seus rituais. e tem sido muito importante para toda sociedade desde então. Porém as técnicas nesse período não eram tão precisas como atualmente, pois não tinham instrumentos necessários para realizarem a previsão com exatidão. As técnicas utilizadas nas previsões meteorológicas evoluíram muito nesse tempo com a criação de instrumentos específicos, e cada vez mais precisos, para a medição da temperatura, pressão, direção e velocidade do vento, direção e quantidade de chuva, irradiação solar, umidade do ar etc.

O uso da previsão do tempo é de suma importância para evitar catástrofes e devastação, na América do Norte, por exemplo os Estados Unidos sofre com tempestades de granizo, nevascas e a mais alta incidência de tornados no mundo – somente em maio de 2004 foram 492 ocorrências. Nas regiões costeiras ameaçadas por furacões vivem nada menos que 50 milhões de pessoas. Em 2003, uma onda letal de calor com temperaturas ultrapassando os 40°C na Europa, levou à morte mais de 20 mil pessoas, que lotaram os necrotérios em Lyon, na França. Sendo assim, uma previsão acurada pode significar a diferença entre a prosperidade e a ruína, a vida e a morte. e não se esgota apenas nos cidadãos.

Entretanto, muitos serviços de previsão vão além do clima e levam em conta suas consequências na infraestrutura, no meio ambiente e na economia., é uma ferramenta essencial no desenvolvimento econômico do país: na agricultura, na geração de energia em usinas hidrelétricas - que dependem do volume de água, piscicultura, aeronáutica, navegações marítima, turismo, e nas mais diversas atividades econômicas, para a segurança das populações frente aos fenômenos meteorológicos, na previsão de nebulosidade, visibilidade e condições do vento, são necessárias para a segurança nas decolagens e aterrissagem, nas navegações, prevendo tempestades, chuvas, ventos, formação de gelo etc., no turismo indicando quais os melhores locais a serem visitados e em quais épocas.

Na agricultura, um dos principais meios em que são utilizando a previsão do tempo, ela auxilia na decisão das melhores épocas para o plantio e colheita, além de definir quais plantações são as melhores para o clima local. Além de influenciar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, o clima afeta também a relação das plantas com micro-organismos, insetos, fungos e bactérias, favorecendo ou não a ocorrência de pragas e doenças. De modo geral, as principais variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das culturas são a chuva, a temperatura do ar e a velocidade e direção do vento.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O principal objetivo é divulgar boletins e alertas meteorológicos diários na Rádio Sucesso FM da cidade de Catalão e nas mídias sociais (como o Instagram ou outras redes sociais em evidência) com o intuito de fomentar a relação clima e sociedade, levando informações imprescindíveis para a dinâmica dos afazeres cotidianos. Embora a ciência Climatológica e Meteorológica tenha informações complexas, os dados informados á rádio Sucesso serão traduzidos numa linguagem compreensível e de fácil acesso, com a finalidade de desmistificar o saber, num diálogo entre o conhecimento científico e o conhecimento popular. Contudo, é importante que os pesquisadores deem retorno do que têm feito para a sociedade, bem como descobrir suas realidades e os mecanismos que geram a vida terrestre.

MATERIAIS E MÉTODOS

A previsão do tempo é diária e apoia-se nas análises e consultas em dois principais sites sobre meteorologia, CPTEC e INMET respectivamente e repassados a população de Catalão, através da rádio Sucesso FM 97.5. Sabe-se que os recursos tecnológicos de telecomunicações possuem influência e impactos significativos na sociedade, ao passo que a rádio ainda se mostra como um forte veículo de comunicação. A Kantar Ibope

Media divulgou a edição 2018 do Book de Rádio, nela, 78% das pessoas entrevistadas em todo o país disseram confiar no noticiário divulgado pelas rádios. De acordo com o levantamento, realizado em 13 regiões metropolitanas do país, 86% da população tem o hábito de ouvir rádio. Desse recorte, três em cada cinco fazem isso todos os dias e a média de tempo sintonizado em alguma estação é de 4h40. Entretanto, a rádio Sucesso FM é uma rede de emissoras de rádio brasileira sediada em Goiânia, Goiás na Região Centro-Oeste, Região Nordeste, e Região Sudeste foi criada em 2001 por Gilson Almeida com o objetivo de cobrir todo o estado de Goiás. Em Catalão possui forte impacto na sociedade e na dinâmica dos agricultores rurais, pois o boletim meteorológico é importante para suas plantações. Contudo, os primeiros dados utilizados são do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) onde é extraído as informações sobre os sistemas atuantes na região, na área de análise sinótica, que esta relacionada com a descrição, análise e previsão do tempo de sistemas meteorológicos de grande escala, e ao estudo de processos atmosféricos da macro-escala, possibilitando o estudo de uma grande porção horizontal da atmosfera terrestre, é possível observar os fenômenos climáticos e meteorológicos atuantes (como depressão, frentes, ciclones e ou anticiclones). Nesse contexto, pode-se verificar todos os sistemas atuantes de uma área, pois cada símbolo da carta sinótica possui significado que passa a ser traduzido no âmbito da ciência meteorológica e repassado de forma simplificada para a população de Catalão, podendo prever os fenômenos atuantes na região, no que se refere a temperatura, umidade relativa do ar, radiação, precipitação, etc. Não obstante, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), utiliza-se dos dados meteorológicos da estação automática e convencional, localizada na cidade de Catalão, a Catalão - Goiás, de 12 a 16 de Agosto de 2019. Página 4 de 5 primeira é uma superfície automática, (chamada também de plataforma de coleta de dados, PCD) composta de uma unidade de memória central, ligadas a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura máxima e mínima (C°) e umidade relativa do ar (%), precipitação (mm), radiação solar, direção e velocidade do vento (m/s), ponto de orvalho (°C) e pressão (hPa) que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora em forma de UTC (Coordinated Universal Time) ou conhecido como tempo civil que é o fuso horário de referência a partir do qual se calculam todas as zonas horárias do mundo, em relação ao horário de Brasília o Tempo Universal Coordenado está três horas adiantado. A estação convencional, é composta de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos, alguns instrumentos ficam exposto ao ar livre, como o pluviômetro, pluviógrafo e o Heliógrafo, enquanto outros ficam localizados dentro de um abrigo meteorológico, como o psicrômetro, termômetros de máxima e mínima, o termógrafo, o barógrafo e o evaporímetro. Os abrigos meteorológicos evitam que a luz do Sol incida diretamente sobre os instrumentos de medida das variáveis atmosféricas e os mantém num ambiente com ventilação adequada, são lidos e anotados por um observador a cada intervalo que envia a um centro coletor por meio de comunicação qualquer. Todos estes dados são coletados nos sistemas respectivo, traduzido numa linguagem acessível ao público e repassados ao vivo diariamente as onze da manhã, no boletim meteorológico na Rádio Sucesso 97.5 FM apresentado de forma contextualizada e interpretada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a abrangência e alcance da Radio Sucesso FM em Catalão com sua população aproximada em 106.618 habitantes, atuando na Região Sudeste de Goiás, tendo uma influência forte nos municípios vizinhos num raio de 100 quilômetros, e o uso da rede social Instagram, com o boletim meteorológico é possível que qualquer pessoa possa ter conhecimento das informações climatológicas, ou seja, impacta no cotidiano da sociedade dessas regiões, principalmente nas atividades agrícolas, que precisam, muitas vezes, fazer o plantio no início de um período de chuvas, porque as sementes precisam de água para germinar. Por outro lado, a previsão de enchentes, de geadas ou de falta de chuvas pode evitar prejuízos, ou seja, as plantações são totalmente dependentes das variações climáticas uma vez que as condições do tempo pode ser um fator favorável ou desfavorável para o plantio. Naturalmente sensível ao clima, a agricultura é uma atividade vulnerável aos efeitos que as mudanças climáticas causam aos ciclos hidrológicos com alteração do balanço hídrico, aos recursos naturais e a outros componentes dos sistemas agrícolas (APATA; SAMUEL; ADEOLA, 2009; SMIT; SKINNER, 2002). Muito além de apenas uma informação radialista, o boletim meteorológico é de utilidade pública e conhecimento científico de fácil acesso. Contudo, as pessoas sintonizam na rádio ou visualizam “posts” nas redes sociais justamente para se precaver quanto as condições do tempo, para o trabalho, ou programar viagens, além de acompanhar os fenômenos meteorológicos e os impactos das alterações climáticas na macro, meso e conseqüentemente na microescala climatológica. A

percepção das alterações climáticas é um pré-requisito para a busca de estratégias adaptativas e de mitigação. (MADISSON, 2007).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A propagação de informação através das mídias e principalmente da rádio é uma forma de contribuir e ajudar a comunidade, oferecendo um conhecimento científico de fácil entendimento para todos. Com a evolução da tecnologia, percebe-se que a divulgação dessas informações, estão alcançando cada vez mais públicos em diferentes tipos de lugares, desde pequenas cidades até sítios e fazendas, onde vivem pessoas que vivem da agricultura e fazem uso das informações transmitidas através da rádio ou mídias sociais sobre a previsão do tempo, tornando-as úteis e sendo aplicadas no dia a dia.

Com a agricultura se expandindo cada vez mais pelo Brasil, é indispensável levar essas informações até as pessoas ou profissionais que precisam do boletim meteorológico diário transmitido (seja pela Rádio Sucesso FM 97.5, ou mídias sociais, como o Instagram) para um resultado propício de suas plantações. Todavia, o clima influencia na dinâmica da sociedade, sendo portanto, totalmente depende dela, nesse ínterim é imprescindível presumir o comportamento climático, pois sabe-se que a alterações climáticas pode ser o sucesso ou o desastre de uma nação.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 8ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

CPETEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 27 junho 2019.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 27 junho 2019.

VAREJÃO, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: Versão digital, 2006.

<http://www.radiobarrigaverde.com.br/noticias/geral/22284/78-da-populacao-que-ouve-radio-confia-nas-noticias-revela-pesquisa.html>

IMPACTO NO BALANÇO DE ONDA LONGA EM SUBSTITUIÇÃO DE MATA ATLÂNTICA POR CANAVIAL NA ESTAÇÃO CHUVOSA EM ALAGOAS

Misael Ferreira dos Santos¹; Marcos Antonio Lima Moura²; Ricardo Araújo Ferreira Junior²; Carlos Alexandre Santos Querino³; José Marcelo Lopes Júnior¹
Autor para correspondência: santos.msl.fr@gmail.com

¹Discente na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; ²Professor na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; ³Professor na Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, Amazonas.

RESUMO

O conjunto de formações florestais que compõem a Mata Atlântica estendia-se originalmente por aproximadamente 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro, mas restam apenas 8,5 % de remanescentes florestais acima de 100 hectares. Em Alagoas a principal substituição foi por culturas agrícolas como a Cana-de-açúcar, onde em média são plantados 432 mil hectares que correspondem, aproximadamente, 15,55% da área do estado. Essa degradação causa impactos significativos, principalmente, no balanço de radiação de onda longa (BOL), variável importante para estudos climáticos e microclimáticos. Então, os objetivos deste trabalho foi caracterizar o balanço de onda longa em uma floresta de Mata Atlântica e Canavial na estação chuvosa, a influência de outras variáveis e o impacto devido a substituição do bioma. Os dados foram coletados em uma floresta localizadas dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural, no Coruripe- AL e um Canavial localizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL. O BOL e suas componentes tiveram variabilidade semelhantes, mas amplitudes diferentes nos dois sítios evidenciaram os impactos da substituição de florestas de Mata Atlântica por canavial em termos de amplitude diária do balanço de radiação de onda longa.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Terrestre; Radiação atmosférica; Ecossistemas.

IMPACT IN THE LONG WAVE BALANCE IN SUBSTITUTION OF ATLANTIC FOREST BY CANAVIAL IN THE RAINY SEASON IN ALAGOAS

ABSTRACT

The set of forest formations that make up the Atlantic Forest originally extended by approximately 1,300,000 km² in 17 states of Brazil, but only 8,5% remain forest remnants above 100 hectares. In Alagoas, the main substitution was for agricultural crops such as sugarcane, where an average of 432,000 hectares are planted, corresponding to approximately 15.55% of the state's area. This degradation causes significant impacts, mainly in the long-wave radiation balance (BOL), an important variable for climatic and microclimatic studies. So, the objectives of this work were to characterize the longwave balance in an forest of Atlantic Forest and sugarcane plantation in the rainy season, the influence of other variables and the impact due to the biome removal. The data were collected in a forest located inside the Natural Heritage Private Reserve in Coruripe-AL and a sugarcane plantation located in the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Alagoas, Rio Largo-AL. The BOL and its components had similar variability, but different amplitudes in the two sites showed the impacts of the substitution of Atlantic Forest forests for cane fields in terms of the daily amplitude of the long-wave radiation balance.

KEY-WORDS: Earth Radiation; Atmospheric Radiation; Ecosystems.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é formada por um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude. Do total de área da mata Atlântica, hoje restam apenas 8,5 % de remanescentes florestais acima de 100 hectares do que existia originalmente (SOS Mata Atlântica, 2015). Em Alagoas foram plantados no período de 1980-2017 432 mil hectares de cana de açúcar, em média (IBGE, 2018), os quais correspondem a 15,55% da área do Estado.

A distribuição da radiação solar em todo o mundo determina a variação climática média do planeta resultante do equilíbrio térmico do sistema Terra-atmosfera. Por isso, o conhecimento da variabilidade local da radiação solar é a base de qualquer estudo climático e sua aplicação à meteorologia, indústria, agricultura, engenharia, arquitetura, recursos hídricos, etc. A radiação de onda longa é o fluxo radiante de energia resultante da emissão dos gases atmosféricos e de superfícies líquidas e sólidas da Terra. Como a radiação de onda longa é resultante das temperaturas da atmosfera e da superfície, o balanço dessa energia está intrinsicamente relacionado ao balanço térmico. Por isso, é fundamental o conhecimento dos impactos causados na substituição de biomas por culturas agrícolas como por exemplo, Mata Atlântica por Canavial.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Caracterizar o balanço de onda longa em uma floresta de Mata Atlântica e Canavial na estação chuvosa; relacionar a influência de outras variáveis sobre a variável em tela; mensurar o impacto no balanço de onda longa devido a substituição de floresta por canavial.

MATERIAIS E MÉTODOS

As medições na Floresta de Mata Atlântica, localizada dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), no município de Coruripe, Alagoas, foram realizadas em uma torre micrometeorológica (10°00'37"S, 36°17'60"W, 160 m alt.) com altura de 26m no período de 01/05/2017 a 30/06/2017. Enquanto no Canavial foi montado um tripé micrometeorológico (09°28'03"S, 35°49'49"W) no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas UFAL, Rio Largo-AL, no período de 01/05/2018 a 30/06/2018, que tinha espaçamento alternado de 1,5x0,9 m, onde as parcelas foram compostas de seis linhas com seis metros de comprimento, totalizando 40 parcelas. Nos dois sítios as medições da radiação de onda longa atmosférica (R_a) e terrestre (R_s) e radiação solar global incidente (R_g) e refletida foram realizadas por um saldo radiômetro modelo CNR1 da Kipp e Zonen (Delft, Holanda).

O índice de transmissividade da atmosfera (K_t) foi calculado a partir da razão entre a radiação solar incidente na superfície terrestre (R_g) e a radiação solar incidente no topo da atmosfera (R_o), cuja descrição encontra-se em IQBAL (1983). Assim, Lopes Junior (2017) realizou algumas adaptações quanto aos intervalos da transmitância atmosférica global para a região de Maceió-AL. Então, quando $K_t \geq 0,6$ (condições de céu claro (CL)), $0,4 \leq K_t < 0,6$ (céu parcialmente nublado (PN)) e $K_t < 0,4$ (céu nublado (NB)).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Mata Atlântica foi registrado 873,1 mm (figura 1a) que ficou acima do esperado de acordo com a normal climatológica (414,2 mm). De acordo com o K_t os dias foram 39,3% NB, 49,2% PN e 11,5% CL. No canavial foram registrado 316,9 mm (figura 2f), abaixo da normal climatológica (714,1 mm) e com dias distribuídos 18,1% NB, 72,1% PN e 9,8% CL. A média do K_t diário na Mata foi $0,446 \pm 0,12$ e no canavial $0,504 \pm 0,09$.

Devido a cobertura de nuvem a R_g (figura 1b e 1g) variou conforme as condições do tempo e fatores astronômicos. Então, por causa desses dois fatores é esperado menor R_g na estação chuvosa. A média da R_g nesse período foi $311,33 \text{ W.m}^{-2}$ e $336,81 \text{ W.m}^{-2}$, com médias horários máximos $911,7 \pm 275,1 \text{ W.m}^{-2}$ e $876 \pm 302,2 \text{ W.m}^{-2}$ próximo ao meio dia na Mata e Canavial, respectivamente. Nesse período a R_g foi 14,66% menos incidente na Mata.

A Ra (figura 1c e 1h) na Mata e no Canavial tiveram maiores valores próximo ao meio dia e menores no período noturno. A média da Ra foi $431,1 \pm 20,9 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $422,87 \pm 20,79 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial), que tiveram, respectivamente, médias horária-diária máximas de $481,3 \pm 25,2 \text{ W.m}^{-2}$ e $471,5 \pm 18,6 \text{ W.m}^{-2}$. A média da Ra na Mata foi 1,91% maior devido maior cobertura de nuvens, uma vez que os fatores determinantes da variabilidade da Ra são a temperatura da atmosfera, pois o vapor d'água, CO_2 e as nuvens, principalmente, atuam no espectro de radiação na faixa de comprimentos de onda referente à janela atmosférica de 8 a $12 \mu\text{m}$ (SOUZA FILHO et al., 2006).

A variabilidade da Rs (figura 1d e 1i) é proporcional as características da superfície em absorver e armazenar a radiação incidente que são diferentes na Mata e Canavial, principalmente, no que diz respeito a amplitude diária da Rs. A média horária da Rs foi $456,67 \pm 18,9 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $451,67 \pm 25,33 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial), com média horária-diária máxima de $543,05 \pm 33,59 \text{ W.m}^{-2}$ e $519,37 \pm 31,98 \text{ W.m}^{-2}$ ao meio dia nos respectivos sítios. Em princípio, as substituições de floresta por cultura agrícola causam uma maior perda de energia por calor sensível, mas apesar disso ocorreu pouca variação entre os dois sítios no período diurno. As médias diurnas da Rs na Mata ($466,73 \text{ W.m}^{-2}$) e Canavial ($468,74 \text{ W.m}^{-2}$) são próximas, mas a Rs a noite no canavial ($431,5 \text{ W.m}^{-2}$) foi menor que na Mata ($444,38 \text{ W.m}^{-2}$).

Devido as variabilidades desses componentes o BOL (figura 1e e 1j) se comportou conforme as condições do tempo: em dias com maior precipitação foi próximo a zero (mais emissão da Ra e menos da Rs), enquanto em dias mais claros foi menor (menos emissão da Ra e mais emissão da Rs) após o meio dia. A média horária mínima foi $-83,5 \pm 10,6 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $-83,2 \pm 25,1 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial), médias máximas de $6,7 \pm 9,74 \text{ W.m}^{-2}$ na Mata e $1,48 \pm 15,71 \text{ W.m}^{-2}$ no Canavial.

Resultados semelhantes, apesar as grandes variabilidades de nebulosidade que podem ocorrer em diferentes locais, foram encontrados por Souza Filho et al. (2006), em floresta no Pará, que obtiveram médias da Ra (417 Wm^{-2}), Rs ($433,0 \text{ Wm}^{-2}$) e BOL ($-1,4 \text{ MJ.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$) para o período chuvoso local. Além do Ra e Rs o BOL médio diário também foi menor que o encontrado na Mata ($-2,25 \text{ MJ.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$). Carvalho et al. (2018) encontraram na estação chuvoso em Canavial no semiárido brasileiro médias de Ra $35,8 \text{ MJ.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ e Rs $39,0 \text{ MJ.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, que foram próximos ao do estudo em tela: Ra $36,82 \text{ MJ.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ e Rs $39,21 \text{ MJ.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$.

O comportamento do BOL e suas componentes (Figura 2) teve menor amplitude na Mata (Figura 2a) no período diurno entre Ra e Rs, se comparado ao Canavial (Figura 2b). A Ra comportou-se semelhante nos dois sítios, mas a Rs não. Com isso o BOL na Mata oscilou entre $-33,83 \text{ Wm}^{-2}$ e $-19,34 \text{ Wm}^{-2}$, enquanto no Canavial de $-44,78 \text{ Wm}^{-2}$ a $-13,51 \text{ Wm}^{-2}$. Esses resultados corroboram com Liberato & Cardoso (2011) que, em uma floresta e pastagem na Amazônia no período chuvoso e em dias nublados, encontraram médias horárias máximas de Ra de 444 W.m^{-2} e 442 W.m^{-2} , Rs de 447 W.m^{-2} e 468 W.m^{-2} , respectivamente para os dois locais estudados.

Figura 1- Acumulados horários-diários de precipitação (mm) a) e f), médias horárias-diárias (W.m^{-2}) de Radiação solar global (Rg) b) e g), radiação de onda longa atmosférica (Ra) c) e h), radiação de onda longa emitida pela superfície (Rs) d) e i), balanço de onda longa (BOL) e) e j) na Mata e Canavial, respectivamente.

Figura 2- variação média horária da irradiância atmosférica (Ra), superficial (Rs) e do balanço de ondas longas (BOL), todos em W.m^{-2} , na a) Mata e b) Canavial.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A quantidade de energia incidente à superfície foi um pouco diferente nos dois sítios devido as diferentes variabilidades da cobertura de nuvens e precipitação. A Ra teve variações semelhantes na Mata e Canavial, mas foi um pouco maior na Mata devido a maior cobertura de nuvens que emitiram e reemitiram a onda longa absorvida. A Rs foi praticamente a mesma no período diurno na Mata e Canavial, mas no período noturno foi menor no Canavial devido a menor capacidade de retenção de energia em função da menor

biomassa. O BOL durante o período diurno é menor no Canavial, enquanto e no período noturno é menor (mais emissão) na Mata devido a maior Rs. Mesmo na estação chuvosa é evidente os impactos da substituição de florestas de Mata Atlântica por Canavial em termos de amplitude diária do balanço de radiação de onda longa e também da temperatura, uma vez que a mesma está relacionada com a temperatura, que em média, no Canavial o BOL teve uma amplitude 55% maior que na Mata.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARVALHO, H. D. S.; MOURA, M. S. B.; & SILVA, T. G. F. Fluxos de radiação e energia em Caatinga preservada e cana-de-açúcar no Semiárido. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v33n3/0102-7786-rbmet-33-03-0452.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

IQBAL, M. An introduction to solar radiation. Ed. AP. Vancouver Canadá. 389p, 1983.

LOPES JUNIOR, J.M. Medidas da radiação solar direta na região de Maceió-Al. 2017. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) – UFAL.

LIBERATO, A. M.; & CARDOSO, F. L. Análises da radiação de onda curta e onda longa na Amazônia. **Revista de Geografia**, Recife-PE, v. 27, n. 3, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/228836/23246>> Acesso em: 26 mai. 2018.

SOUZA FILHO, J. D. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; COHEN, J. C. P.; & ROCHA, E. J. P. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, 2006. Disponível em: <http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=221&id_arquivo=380>. Acesso em: 19 set. 2018.

SOS Mata Atlântica. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em: 22 agos. 2017.

IMPACTO NO BALANÇO DE ONDA LONGA EM SUBSTITUIÇÃO DE MATA ATLÂNTICA POR CANAVIAL NA ESTAÇÃO SECA EM ALAGOAS

Misael Ferreira dos Santos¹; Marcos Antonio Lima Moura²; Ricardo Araújo Ferreira Junior²; Carlos Alexandre Santos Querino³; José Marcelo Lopes Júnior¹
Autor para correspondência: santos.msl.fr@gmail.com

¹Discente na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; ²Professor na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; ³Professor na Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, Amazonas

RESUMO

Mesmo com grande parte de sua área original destruída a Mata Atlântica continua sendo um rico ecossistema em biodiversidade. Em sua maioria substituída por cana-de-açúcar, então é fundamental o conhecimento dos impactos no balanço de ondas longas (BOL) devido essas alterações, pois a radiação de onda longa é resultante das temperaturas da atmosfera e superfície terrestre. Diante do exposto este trabalho teve como objetivo caracterizar o BOL em uma floresta de Mata Atlântica e Canavial na estação seca e sua interação com outras variáveis. As medições foram obtidas por um saldo radiômetro modelo CNR1 da Kipp e Zonen (Delft, Holanda) em uma Floresta de Mata Atlântica e um Canavial em Alagoas. Os resultados obtidos demonstraram, principalmente, um impacto significativo no BOL ao que diz respeito a radiação de onda longa emitida pela superfície e, conseqüentemente, em sua variabilidade diária entre os dois sítios que, em média, o Canavial apresentou uma amplitude diária do BOL 69% maior do que na Mata Atlântica.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Terrestre; Radiação atmosférica; Desmatamento.

IMPACT IN THE LONG WAVE BALANCE IN SUBSTITUTION OF ATLANTIC FOREST BY CANAVIAL IN THE DRY SEASON IN ALAGOAS

ABSTRACT

Even with much of its original area destroyed, the Atlantic Forest remains a rich biodiversity ecosystem. Most of them replaced by sugarcane, so it is essential to know the long-wave (BOL) impacts due to these changes, since long-wave radiation is the result of the temperatures of the atmosphere and terrestrial surface. In view of the above, this work had the objective of characterizing BOL in a forest of Atlantic and Canavial Forest in the dry season and its interaction with other variables. The measurements were obtained by a radiometric balance model CNR1 from Kipp and Zonen (Delft, The Netherlands) in an Forest in Atlantic Forest and a Canavial in Alagoas. The results obtained mainly demonstrated a significant impact on the BOL with respect to the long wave radiation emitted by the surface and, consequently, on its daily variability between the two sites that, on average, the Canavial presented a daily amplitude of BOL 69 % higher than in the Atlantic Forest.

KEY-WORDS: Earth Radiation; Atmospheric Radiation; Deforestation.

INTRODUÇÃO

Formada por conjuntos de formações florestais e ecossistemas associados, hoje restam apenas 8,5 % de remanescentes florestais acima de 100 hectares do que existia originalmente de Mata Atlântica, mas esses remanescentes representam 0,8% da superfície terrestre do planeta e contém mais de 5% das espécies de vertebrados do mundo (SOS Mata Atlântica, 2015). Em sua maioria, a floresta foi ao longo do tempo substituída pela monocultura açucareira que entre 1980-2017 foram plantados, em média, 432 mil hectares de cana-de-açúcar em Alagoas (IBGE, 2018), os quais correspondem a 15,55% da área do Estado.

Como o balanço de radiação é a principal fonte de energia para todos os processos de ordem física, química e biológica na atmosfera e superfície terrestre, o conhecimento desta variável é fundamental para os estudos climáticos, sua variabilidade e interação com toda vida na terra. A radiação de onda longa é resultante das temperaturas dos constituintes da atmosfera e superfície terrestre. Quanto a este último, durante anos sofre alterações, como por exemplo, substituição de ecossistemas naturais como a Mata Atlântica por Canavial. Por isso, é importante e indispensável o conhecimento do balanço de onda longa, pois está relacionada com a temperatura e troca de energia entre superfície e atmosfera.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Caracterizar o balanço de onda longa e suas componentes em uma floresta de Mata Atlântica e Canavial na estação seca; relacionar a influência de outras variáveis sobre a variável em tela; mensurar o impacto no balanço de onda longa devido a substituição de floresta por canavial.

MATERIAIS E MÉTODOS

As medições na floresta foram realizadas em uma torre micrometeorológica (10°00'37''S, 36°17'60''W, 160 m alt.) com altura de 26m. O período foi de 03/11/2016 a 31/12/16 em uma Floresta de Mata Atlântica, localizada dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), no município de Coruripe, Alagoas. Enquanto no Canavial foi montado um tripé micrometeorológico (09°28'03''S, 35°49'49''W) no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas UFAL, Rio Largo-AL, no período de 03/11/2017 a 31/12/2017, que tinha espaçamento alternado de 1,5x0,9 m, onde as parcelas foram compostas de seis linhas com seis metros de comprimento, totalizando 40 parcelas. Nos dois sítios as medições da radiação de onda longa atmosférica (R_a) e terrestre (R_s) e radiação solar global incidente (R_g) e refletida foram realizadas por um saldo radiômetro modelo CNR1 da Kipp e Zonen (Delft, Holanda).

O índice de transmissividade da atmosfera (K_t) foi calculado a partir da razão entre a radiação solar incidente na superfície terrestre (R_g) e a radiação solar incidente no topo da atmosfera (R_o), cuja descrição encontra-se em IQBAL (1983). Assim, Lopes Junior (2017) realizou algumas adaptações quanto aos intervalos da transmitância atmosférica global para a região de Maceió-AL. Então, quando $K_t \geq 0,6$ (condições de céu claro (CL)), $0,4 \leq K_t < 0,6$ (céu parcialmente nublado (PN)) e $K_t < 0,4$ (céu nublado (NB)).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Mata foi registrado 18 mm de precipitação (figura 1a) para os meses de novembro e dezembro que foram abaixo da normal climatológica do município para o mesmo período (39,2 mm). Os dias, de acordo com o índice K_t , foram 3,45% NB, 44,83% PN e 51,72% CL. Enquanto no Canavial (figura 1f) a precipitação foi próxima a normal climatológica (94,2 mm) e registrou 83,57 mm. Com isso os dias foram razoavelmente distribuídos entre dias nublados e parcialmente nublados (5,66% NB, 47,17% PN e 47,17% CL).

Como neste período tem-se menos precipitação e culmina com a época do ano com declinação solar negativa, ou seja, o sol mais ao sul, teve uma grande incidência à superfície de Radiação Solar Global (R_g) nos dois sítios. Vale salientar que devido a esses fatores a distância não influenciou na variabilidade do R_g . Com isso, nos sítios foram registradas médias horárias (figura 1b e 1g) máximas de $1075,67 \pm 318,31 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $1142,25 \pm 336,67 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial) com médias, para os respectivos locais, de $22,45 \pm 3,47 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e $21,42 \pm 4,44 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A Ra (figura 1c e 1h) é, ao contrário do Rg, menor nessa estação pela ausência de nebulosidade e, possivelmente, menos vapor d'água pois a Ra é resultantes da emissão destas variáveis e outros constituintes da atmosfera. A variação diária - máxima no período diurno e mínimos no período noturno - é semelhante nos dois sítios e apenas sofreram variações quando foi registrado precipitação. As médias horárias máximas foram de $477,65 \pm 25,25 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $484,68 \pm 28,75 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial). A média no período foram de $418,88 \pm 27,76$ (Mata) e $423,16 \pm 28,89 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial).

As médias da Rs (figura 1d e 1i) foram de $470,66 \pm 26,74 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $481,08 \pm 45,98 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial). A variabilidade diária da Rs é similar nos dois sítios, mas com valores diferentes. No período diurno as médias foram de $490,07 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $510,05 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial), enquanto no período noturno $447,67 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $442,51 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial). Em geral, durante o período diurno a Rs é menor na Mata e no período noturno é maior, em comparação com o Canavial. Isso ocorre porque teve uma absorção maior de energia no Canavial pois tem menor dossel e o solo mais suscetível a incidência da Rg à superfície, mas como tem uma biomassa menor armazena menos energia.

O BOL (figura 1e e 1j) teve média de $-51,78 \pm 16,19 \text{ W.m}^{-2}$ (Mata) e $-58,25 \pm 28,50 \text{ W.m}^{-2}$ (Canavial) com, respectivamente, médias horárias mínimas de $-91,49 \pm 14,68$ e $-141,61 \pm 36,21 \text{ W.m}^{-2}$. Os BOL no Canavial são resultados da maior Rs, comparado ao canavial. Como o BOL teve uma variabilidade diária semelhante nos dois locais, mas a Mata apresentou menores amplitudes diárias com médias de $-54,03 \text{ W.m}^{-2}$ no período diurno e $-49,11 \text{ W.m}^{-2}$ no noturno. Já o Canavial teve média de $-73,09 \text{ W.m}^{-2}$ diurno e $-37,77 \text{ W.m}^{-2}$ no período noturno. Isso significa que, comparado com a Mata, durante o período diurno ocorreu uma troca maior de energia entre o Canavial e atmosfera resultantes, possivelmente, do maior aquecimento do Canavial.

A curva média diária da Ra durante o período de estudo (figura 2) é semelhante nos dois sítios fluando, aproximadamente, entre 400 W.m^{-2} e 460 W.m^{-2} . Mas a Rs foi diferente: na Mata oscilou entre 441 W.m^{-2} e 514 W.m^{-2} , já no Canavial 434 W.m^{-2} e 552 W.m^{-2} . Decorrente disso o BOL variou de -42 W.m^{-2} a -63 W.m^{-2} (Mata) e -93 W.m^{-2} a -22 W.m^{-2} (Cana). O Canavial teve uma maior Rs devido ao seu aquecimento, como relatado por Webler et al (2013) que, em um estudo em floresta e pastagem, encontraram resultados que ao ocorrer o desflorestamento acontecem principalmente o aumento do uso de energia para calor sensível e, conseqüentemente, o aumento da temperatura do ar e a diminuição da umidade disponível no sistema.

De Moura (2001), em uma floresta em Rondônia, encontrou Ra média de $431,8 \text{ Wm}^{-2}$ e máximos próximos ao meio dia de 452 W m^{-2} e mínimos no período noturno na ordem de $417,0 \text{ W m}^{-2}$. Encontrou também fluxo médio de Rs de $455,9 \text{ Wm}^{-2}$ com média da Rs máxima próximo ao meio dia de $481,8 \text{ Wm}^{-2}$ e os mínimos em torno das seis horas da ordem de $439,6 \text{ Wm}^{-2}$. Esses valores são ligeiramente diferentes ao do estudo em tela devido ao fato que esses resultados comparados foram feitos em latitude e período chuvoso diferente, mas corroboram com os resultados encontrados neste estudo. Corroboram também resultados entrados por Souza et al. (2013) que, comparando o BOL em uma floresta e plantio de soja, relata que o impacto negativo no saldo de ondas longas foi sempre superior 71,9% comparado aos valores da floresta.

Figura 1 - Acumulados horários-diários de precipitação (mm) a) e f), médias horárias-diárias (W.m^{-2}) de Radiação solar global (Rg) b) e g), radiação de onda longa atmosférica (Ra) c) e h), radiação de onda longa emitida pela superfície (Rs) d) e i), balanço de onda longa (BOL) e) e j) na Mata e Canavial, respectivamente.

Figura 2- variação média horária da irradiância atmosférica (Ra), superficial (Rs) e do balanço de ondas longas (BOL), todos em W.m^{-2} , na a) Mata e b) Canavial.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A Ra nos dois sítios não teve uma discrepância em seus máximos e mínimos como a variação da Rs devido à pouca variação de nebulosidade e também porque uma parte da Rs é perdida para o espaço (janela atmosférica) e não é, necessariamente, usada totalmente para aquecer o ar em todos os níveis da atmosfera. Já a substituição de Mata Atlântica por Canavial resultou em um aumento de Rs durante o período diurno e decréscimo no período noturno no Canavial, que impactou um aumento de 26,07% do BOL no período diurno e redução de 23,1% do BOL no período noturno no Canavial. Isso demonstra como a Mata Atlântica é importante para o equilíbrio de radiação de onda longa e, conseqüentemente, da temperatura. Por isso, em média, o Canavial apresentou uma amplitude diária de 69% do BOL maior do que na Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

DE MOURA, R. G. (2001). Estudos das radiações solar e terrestre acima e dentro de uma floresta tropical úmida. Dissertação. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, São José dos Campos, São Paulo, 2001, p. 102-107. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/08.15.18.26/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

IQBAL, M. An introduction to solar radiation. Ed. AP. Vancouver Canadá. 389p, 1983.

LOPES JUNIOR, J.M. Medidas da radiação solar direta na região de Maceió-Al. 2017. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) – UFAL.

SOUZA, P. J. O. P.; ROCHA, E. J. P.; & RIBEIRO, A. Impactos do avanço da soja no balanço de radiação no leste da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 43, n. 2, jun/2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/6321/1/Artigo_ImpactosAvancoSoja.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2018.

SOS Mata Atlântica. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em: 22 agos. 2017.

WEBLER, A. D., GOMES, J. B., Aguiar, R. G., DE ANDRADE, N. L., & AGUIAR, L. J. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v. 17, n. 8, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Nara_Andrade/publication/260771840_Changes_in_land_use_and_energy_partitioning_in_the_southwest_of_the_Amazon/links/54a17df40cf257a636037203.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

BALANÇO DE ENERGIA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO EM DIFERENTES ECOSISTEMAS – FLORESTA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

Raíssa Soares de Oliveira¹; Hillândia Brandão da Cunha²; Mariana Reis²; Alessandro Augusto dos Santos Michiles²; Marta Sá²

Autor para correspondência: rsdo.mat16@uea.edu.br

¹Universidade do Estado do Amazonas; ²Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia

RESUMO

O entendimento do balanço de energia em áreas de florestas da Amazônia é necessário para se compreender como o particionamento dessa energia afeta o desenvolvimento dessas florestas, e também os processos climáticos que ocorrem nessas áreas. Este trabalho consiste em verificar a variação sazonal dos fluxos de energia e analisar o fechamento do balanço de energia em superfície, comparando os resultados de uma área de vegetação intacta com as de uma área de floresta secundária na Amazônia Central. Os dados utilizados foram coletados em 2016 e fornecidos pelo Programa de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera (LBA) no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os dados coletados por instrumentos instalados em duas torres de observação micrometeorológica, a saber: torre "Instant", com 82 metros, instalada numa área de vegetação primária de terra firme, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RSDU) e a torre "ZF3" com 36 metros, presente numa região de floresta secundária, localizada em uma área onde se desenvolvem estudos do projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (DBFF), coordenado pelo INPA. Conclui-se, a partir dos resultados obtidos, que o desmatamento nas áreas de floresta causa efeitos negativos em diversas escalas temporais e espaciais, diminuindo a evapotranspiração e, conseqüentemente, a formação de nuvens, o que interfere na precipitação local, resultando em uma floresta mais seca.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de energia; Fluxos de calor; Saldo de radiação

ENERGY BALANCE IN DRY AND WET PERIODS IN DIFFERENT ECOSYSTEMS – PRIMARY AND SECONDARY FOREST OF CENTRAL AMAZONIA.

ABSTRACT

The understanding of the energy balance in Amazonian forest areas is necessary to understand how the partitioning of this energy affects the development of these forests, as well as the climatic processes that occur in these areas. This work consists in verifying the seasonal variation of the energy fluxes and analyzing the closure of the surface energy balance, comparing the results of an area of intact vegetation with those of a secondary forest area in Central Amazonia. The data used were collected in 2016 and provided by the Large Scale Biosphere-Atmosphere Program (LBA) at the National Institute of Amazonian Research (INPA). The data collected by instruments installed in two micrometeorological observation towers, namely: "Instant" tower, with 82 meters, installed in an area of primary vegetation of mainland, located in the Reserve of Sustainable Development of the Uatumã (RSDU) and the tower "ZF3", located in an area of secondary forest, located in an area where studies of the Biological Dynamics of Forest Fragments (DBFF), coordinated by INPA, are being developed. It is concluded from the results obtained that deforestation in forest areas causes negative effects at several temporal and spatial scales, reducing evapotranspiration and, consequently, cloud formation, which interferes with local precipitation, resulting in a forest more dry.

KEY-WORDS: energy balance; flows energy; radiation balance

INTRODUÇÃO

Quantificar o saldo de radiação, que consiste na quantidade de energia disponível para ser utilizada em processos de aquecimento do ar e do solo, na fotossíntese e no fluxo de calor latente, é de grande importância para a estimativa da evapotranspiração e consequente avaliação dos déficits hídricos (Matos et al., 2016). Uma vez que a Amazônia está constantemente envolvida em trocas de energia e em vários processos climáticos. Portanto, é de fundamental importância o entendimento da partição e do balanço de energia em superfície (BES) para a compreensão dos processos de interação entre a floresta e a atmosfera. Adicionalmente, é essencial compreender o papel da vegetação sobre a distribuição das componentes desse balanço pelas trocas de calor e massa e os possíveis impactos nos processos de superfície quando ocorre a substituição da vegetação original. Uma das maiores preocupações relacionadas às observações micrometeorológicas em florestas é a falta de fechamento do BES, um problema particularmente sério sobre vegetação alta (Lee, 1998). Contudo, a quantificação, por longos períodos, dessas trocas em diferentes ecossistemas, pode ser feita através de medidas diretas e indiretas com a utilização de técnicas meteorológicas, como a covariância de vórtices turbulentos (Moncrieff et al., 1997). O método de covariância (ou correlação) de vórtices turbulentos é uma técnica micrometeorológica que obtém as trocas totais de calor e massa em ecossistemas (Moncrieff et al., 1996, Baldocchi et al., 2003, Rocha et al., 2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos deste trabalho foram: verificar a variação sazonal dos fluxos de energia e analisar o fechamento do BES, comparando os resultados de uma área de vegetação intacta com as de uma área de floresta secundária na Amazônia Central.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho foram coletados em duas torres de observação micrometeorológica descritas abaixo.

Torre Instant

A torre “Instant” com 82 metros de altura está localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDSU), fazendo parte do Observatório Amazônico com Torre Alta (Amazon Tall Tower Observatory–ATTO), e foi instalada em uma floresta de terra firme densa. Esse tipo de ecossistema prevalece em planaltos a uma altitude máxima de aproximadamente 130 m acima do nível do mar, na Amazônia central, a cerca de 150 km a nordeste da cidade de Manaus.

Torre ZF3

A torre “ZF3” de 36 metros de altura, está localizada em uma área onde se desenvolvem estudos do projeto “Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais” (DBFF), coordenado pelo INPA dentro da fazenda Colosso, a cerca de 65 km a nordeste de Manaus. Foi instalada em uma área de pastagem abandonada e desmatada em 1970. Atualmente, uma floresta em processo de crescimento no local.

Instrumentos e Medidas

Na tabela abaixo apresentam-se descrição da instrumentação utilizada em cada plataforma de coleta de dados das torres ZF3 e Instant, a variável correspondente à medida de cada sensor as unidades de medida e o intervalo de coletas.

Tabela 1. Instrumentos instalados na plataforma de coleta de dados AWS

Intervalo de tempo da média: 30 minutos	
Variável Meteorológica	Instrumentos
Saldo de radiação ($W m^{-2}$)	Saldo radiômetro
Fluxo de calor no solo ($W m^{-2}$)	Sensor de fluxo de calor
Velocidade do vento nas componentes u,v,w e temperatura do sônico	Anemômetro sônico – 3D
Densidade de H_2O ($mmol m^{-3}$)	Analizador de gás por infravermelho

Cálculo do balanço de energia e de seu fechamento

O balanço de energia determina o fluxo de energia disponível para evaporar a água superficial e aumentar ou diminuir a temperatura da superfície (Hatmann,1994).

Na qual, R_n é o saldo de radiação, H e LE são os fluxos verticais de calor sensível e de calor latente, e G fluxo de calor no solo. O fechamento do BES será avaliado por meio da razão do balanço de energia E_{BR} entre a soma acumulativa $LE+H+G$ e R_n , definido como:

Será avaliado também, por meio da obtenção dos coeficientes linear, angular e de determinação, de regressões lineares entre os valores horários da soma dos fluxos não-radioativos $LE+H+G$ e do saldo de radiação R_n . O fechamento ideal é representado pelos valores 0,1 e 1 dos coeficientes linear, angular e de regressão, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as análises foram realizadas considerando o período chuvoso entre os meses de janeiro e abril e o período seco entre os meses de agosto e outubro. Em razão de falha de dados, foram selecionados 10 dias de cada período considerado. Os perfis médios diários das componentes do balanço de energia foram quantificados para intervalos de 30 min. A Figura 1 mostra o comportamento horário das componentes do balanço de energia, isto é, saldo de radiação (R_n), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G).

Figura 1- Perfis diários das componentes do balanço de energia nas torres “Instant” e “ZF3”, nos períodos chuvoso (a) e (c) e seco (b) e (d)

Na torre “Instant”, durante o período chuvoso o valor máximo médio do saldo de radiação foi de 534 W/m², enquanto H e LE chegaram, respectivamente, a 133 W/m² e 383 W/m². No período seco, como ocorre redução de nuvens, R_n, H e LE atingiram valores maiores, alcançando valores de até 692, 242 e 478 W/m².

Na torre “ZF3”, durante o período chuvoso o valor máximo médio do saldo de radiação foi de 779 W/m², enquanto H e LE chegaram, respectivamente, a 124 W/m² e 458 W/m². No período seco, como ocorre redução de nuvens, R_n, H e LE atingiram valores maiores, alcançando valores de até 762, 96 e 496 W/m².

Dessa forma, a energia disponível (R_n-G), exibe-se maior para ZF3, no período chuvoso, e na Instant durante seca. A diferença do saldo de radiação na ZF3, nos períodos seco e chuvoso não é tão visível com mostra a figura 1, pois o local foi desmatado em 1970 e ainda está em processo de crescimento. É mostrado também, que o fluxo de calor latente devido à evapotranspiração, LE, é uma parte atuante que está, aproximadamente, em balanço com o saldo de radiação, R_n, dado que H e G são de menor magnitude.

O fluxo calor sensível H é uma consequência direta do aquecimento da superfície por meio da radiação. E esse fluxo é maior em áreas desmatadas na estação seca; porém; a partir da análise realizada com dados da ZF3 verifica-se o inverso. Provavelmente, isso ocorreu em razão de alguns episódios de precipitação na região, aumentando a água disponível e resfriando a superfície. Observa-se os fluxos de calor sensível H e latente LE acompanham o comportamento do saldo de radiação R_n, e, a energia que entra no sistema florestal não é particionada entre eles em mesma magnitude por meio dos seus valores, verifica-se.

Tabela 1. Razão dos fluxos não radioativos pelo R_n e do balanço de energia E_{BR} durante o período diurno, entre 7 e 17 HL.

Torres	Período Chuvoso				Período Seco			
	LE/R _n	H/R _n	G/R _n	E _{BR}	LE/R _n	H/R _n	G/R _n	E _{BR}
Instant	70%	20%	0%	90%	65%	15%	0%	80%
ZF3	66%	26%	0%	92%	64%	11%	0%	75%

Na Tabela 1, verificaram-se valores diários, no período diurno, da razão do balanço de energia E_{BR}. Observa-se que a percentagem durante período seco nas torres é de 80% e 75%. O melhor fechamento do balanço de energia, nas áreas de floresta analisadas, ocorreu na estação chuvosa, nas torres “Instant” e “ZF3” foi no período chuvoso com percentagem de 90% e 92%.

Figura 2- Regressões lineares entre a soma LE+H+G e o saldo de radiação R_n.

Na Figura 2, apresentam-se regressões lineares entre a soma dos fluxos de calor latente, sensível e solo $LE+H+G$ e o saldo de radiação R_n para intervalos de 30 minutos. Na “Instant”, teve-se, para o coeficiente angular, 0,85, no período chuvoso, e 0,81, para o período seco. Na “ZF3”, teve-se, para o coeficiente angular, 0,86, no período chuvoso, e 0,89, para o período seco. Pelos coeficientes de determinação, verificase que houve um maior espalhamento de pontos durante o período seco na torre “Instant” ($R^2 = 0,79$), indicando que existe uma menor dependência entre os fluxos de energia e o saldo de radiação.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No presente estudo, avaliou-se os componentes e o fechamento do BES sobre uma área de vegetação intacta e uma área de floresta secundária na Amazônia Central, durante os períodos seco e chuvoso. Os perfis médios diários do balanço de energia para intervalos de 30 minutos mostraram ciclos diurnos bem definidos com maiores valores no período diurno e menores no noturno. Os componentes do balanço de radiação LE , H e G acompanharam o comportamento do saldo de radiação R_n , e a floresta utilizou grande parte de R_n para a evapotranspiração LE/R_n durante os dois períodos nas torres. O melhor fechamento do balanço de energia ocorreu na análise diária e diurna, como já se esperava.

Os resultados deste trabalho ajudam a caracterizar os aspectos abióticos em áreas de uma floresta primária e secundária. Tais resultados podem ser utilizados para melhorar modelos de interação solo-vegetação-atmosfera.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Programa de Longa Escala Biosfera- Atmosfera (LBA), Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Baldocchi, D.D., 2003. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: past, present and future. **Global Change Biol.** 9, 479–492.

Rocha, H.R., Manzi, A.O., Cabral, O.M., Miller, S.D., Goulden, M.L., Saleska, S.R., Coupe, N.R., Wofsy, S.C., Borma, L.S., Artaxo, P., Vourlitis, G., Nogueira, J.S., Cardoso, F.L., Nobre, A.D., Kruijt, B., Freitas, H.C., von Randow, C., Aguiar, R.G., Maia, J.F., 2009. Patterns of water and heat flux across a biome gradient from tropical forest to savanna in Brazil. **J. Geophys. Res.** 114, G00B12.

HARTMANN, D. L. Global physical climatology. New York: **Academic Press**, 1994.

LEE, X. On micrometeorological observations of surface-air exchange over tall vegetation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 91, p. 39-49, 1998.

Matos, M.C.R; Candeias Bezerra, L.A; Azevedo, G.R.J. 2016. Estimativas do saldo de radiação instantâneo no entorno do reservatório de Itaparica-PE com uso de imagens orbitais. **Revista Brasileira de Cartografia**, 3: 641-654

Moncrieff, J.B., Mahli, Y., Leuning, R., 1996. The propagation of errors in long-term measurements of land-atmosphere fluxes of carbon and water. **Glob. Change Biol.** 2, 231–240.

Moncrieff, J.B., Massheder, J.M., Bruin, H. de, Elbers, J., Friborg, T., Heusinkveld, B., Kabat, P., Scott, S., Soegaard, H, Verhoef, A. 1997. A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide. **Journal of hydrology** 188-189:589-611.

TEMPERATURA DE FOLHAS DA CANOLA EM NOITES ANTERIORES À OCORRÊNCIA DE GEADA

Samuel Kovaleski¹; Genei Antonio Dalmago²; Arno Bernardo Heldwein¹; Jorge Alberto de Gouvêa²
Autor para correspondência: samtotes@hotmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria, UFSM; ²Embrapa Trigo

RESUMO

O objetivo do trabalho foi caracterizar a evolução da temperatura de folhas (Tf) de canola em noites antecedendo ocorrência de geada. As avaliações foram realizadas em campo, na área experimental da Embrapa Trigo, em 2014 e em 2016. A Tf foi medida em dias diferentes no período noturno antecedendo a ocorrência de geada severa (GS), geada forte (GT), geada moderada (GM), geada fraca (GF), dia frio (DF) e noite sem geada (SG). A diferença média de Tf em relação à temperatura do ar (Tar) foi de -0,17 °C, -0,86 °C, -0,56 °C, -0,92 °C -1,43 °C e -1,58 °C, respectivamente, para SG, DF, GF, GM, GT e GS. Em dias com temperatura mínima do ar (Tn) menor que 5 °C, a redução da Tf foi mais intensa das 17h até às 20h e correspondeu entre 55% e 65% do total da redução para atingir a temperatura mínima das folhas (Tnf). Essa relação possibilita estimar a Tnf pela equação: $Tnf = -1,66 * (Tar_{17h} - Tar_{20h}) + 10,03$.

PALAVRAS-CHAVE: temperatura mínima do ar; Brassica; congelamento

TEMPERATURE OF LEAVES OF CANOLA ON NIGHTS PRECEDING FROST OCCURRENCE

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the evolution of canola temperature leaves (Tf) on nights preceding frost occurrence. The evaluations were carried out in the field, in the experimental area of Embrapa Trigo, located in Passo Fundo, RS, in 2014 and 2016. Tf was measured during the night, preceding days with severe frost (GS), strong frost (GT), moderate frost (MG), mild frost (GF), cold day (DF) and night without frost (SG). The mean difference of Tf and the air temperature (Tar) was -0.17 °C, -0.86 °C, -0.56 °C, -0.92 °C, -1.43 °C and -1.58 °C in SG, DF, GF, GM, GT, and GS, respectively. On days with air minimum temperature (Tn) lower than 5 °C, the Tf reduction was more intense from 5 pm to 8 pm and corresponded from 55% to 65% of the total reduction to reach the minimum leaf temperature (Tnf). This relation makes it possible to estimate Tnf by the equation: $Tnf = -1.66 * (Tar_{5pm} - Tar_{8pm}) + 10.03$.

KEY-WORDS: minimum air temperature; Brassica; freezing

INTRODUÇÃO

A ocorrência de geadas na região sul do Brasil, frequentemente, provoca danos à cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) (KOVALESKI, 2019) em diversos órgãos das plantas, especialmente nas folhas. As folhas são os principais órgãos responsáveis pela fotossíntese e, portanto, a ocorrência de geadas com danos pode influenciar negativamente a assimilação de fotoassimilados, comprometendo o crescimento e o desenvolvimento e provocando impacto direto na produtividade de grãos. Uma das formas de avaliação de

possíveis danos é a caracterização da evolução da temperatura das folhas da canola em noites que antecedem à formação de geadas. Essas informações ainda não são conhecidas para a canola e podem auxiliar na quantificação da relação entre a temperatura das folhas e outras variáveis ambientais e micrometeorológicas, no desenvolvimento de parâmetros para a estimativa da temperatura das folhas de canola em noites com geada, bem como para a previsão de danos causados por geadas à cultura por meio de modelagem. Isso se torna importante, uma vez que a ocorrência de geadas na região sul do Brasil tem elevadas irregularidade cronológica e variabilidade espacial, além de imprecisão na previsibilidade.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar e desenvolver parâmetros numéricos para a evolução da temperatura de folhas de canola em noites com diferentes intensidades de frio, antecedendo a formação de geada.

MATERIAIS E MÉTODOS

As medições da temperatura de folhas (T_f) de canola foram realizadas em dois anos, em ensaios conduzidos em campo na área experimental da Embrapa Trigo, em Coxilha, RS (28°10'S, 52°19'W e 686 m de altitude). Em 2014, foram três datas de semeadura, e, em 2016, foram seis, visando a distribuir distintos estádios fenológicos em datas com ocorrência de geada. Nos dois anos utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. A T_f foi medida com termopares de cobre-constantan (Tipo T), instalados internamente na nervura principal de folhas completamente expostas em plantas em estágio vegetativo, localizadas no centro de cada experimento. O número de folhas avaliadas variou de três a nove. Classificou-se a intensidade de frio em função da temperatura mínima do ar (T_n) em uma posição de referência (R), instalada a 1,5 m do solo, no centro dos experimentos, da seguinte forma: noites com T_n inferior a -5 °C (geada severa - GS); T_n entre -5 °C a -2 °C (geada forte - GT); T_n entre -2 °C a 0 °C (geada moderada - GM); T_n entre 0 °C a 2°C (geada fraca - GF); T_n entre 2 °C a 5 °C (dia frio - DF) e T_n maior que 5 °C (dias sem geada (SG)). A determinação da temperatura das folhas foi realizada das 17h do dia anterior até as 8h do dia de ocorrência da T_n , em datas selecionadas, que atenderam os critérios de classificação da intensidade de frio. As datas foram: 12/06/2016 (GS - T_n : -8,6 °C), 20/06/2016 (GT - T_n : -2,6 °C), 01/05/2016 (GM - T_n : -1,6 °C), 19/06/2014 (GF - T_n : 0,6 °C), 04/06/2014 (DF - T_n : 3,9 °C) e 17/06/2016 (SG - T_n : 12,4 °C). Os dados foram analisados por meio de regressão linear simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A T_f foi menor do que a T_a no período noturno (18h-7h) durante 99%, 99%, 83%, 88%, 94% e 100% do tempo em SG, DF, GF, GM, GT e GS, respectivamente, sendo que a diferença média entre T_f e T_a aumentou com a intensidade de frio de -0,17 °C, -0,86 °C, -0,56 °C, -0,92 °C, -1,43 °C até -1,58 °C, respectivamente (Figura 1). A maior diferença de T_f e T_a , em maiores intensidades de frio, deveu-se à perda energética da superfície mais elevada (KALMA et al., 1992). A T_{nf} foi 0,07 °C, 1,06 °C, 0,34 °C, 1,98 °C, 0,52 °C e 0,69 °C menor do que a T_n em SG, DF, GF, GM, GT e GS, respectivamente (Figura 1). Em 2014 (DF e GF), a T_{nf} ocorreu antes da T_n , enquanto que, em 2016 (SG, GM, GT e GS), a T_{nf} ocorreu após T_n . Essa resposta indica que, em 2014, o resfriamento do ar foi provocado principalmente por perda radiativa, enquanto que, em 2016, a advecção de ar frio parece ter apresentado importância significativa no resfriamento. Em 2014, o experimento foi instalado em meia encosta no terreno, enquanto que, em 2016, foi instalado em uma depressão, favorável ao acúmulo de ar frio (SILVA; MINUZZI, 2016).

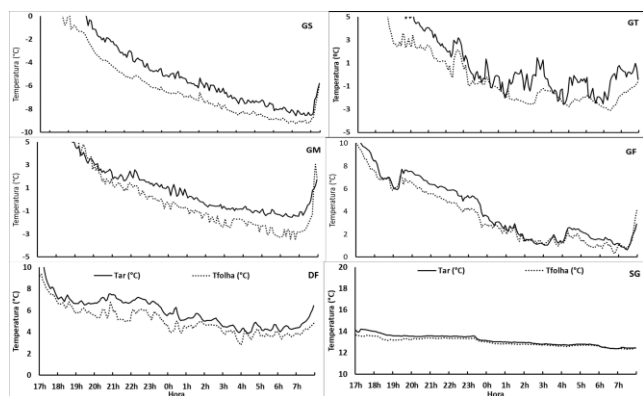


Figura 1. Evolução da temperatura do ar (Tar) e das folhas (Tfolha) de plantas de canola cultivadas em campo, em noite antecedendo a formação de geada severa (GS), forte (GT), moderada (GM), fraca (GF), dia frio (DF) e sem geada (SG), definida de acordo com limites de temperatura mínima do ar (Tn). Passo Fundo, RS, 2019.

Em dias com Tn menor que 5 °C, a redução da Tf das 17h até as 20h correspondeu entre 55% a 65% da redução total da Tf até atingir a Tn, exceto em GF, quando o aumento da velocidade média do vento de 0,4 m s⁻¹ para 1,4 m s⁻¹ das 19h até 19h45 (dados não mostrados) provocou aumento de 1,3 °C na Tf. No período das 17h até 20h, o coeficiente *b* das regressões indicou que a taxa de redução da Tf em GM foi maior do que em GS e GT (que não diferiram), enquanto que, em GF e DF, a redução da Tf foi semelhante, porém em taxa inferior à GS, GT e GM e superior à SG (Tabela 1). No período das 17h até a ocorrência da Tnf, a taxa de redução de Tf em GS e GM foram similares e maiores do que em GT e GF. Em DF, a taxa de redução de Tf foi maior do que em SG e menor do que em GS, GM, GT e GF (Tabela 1). A maior disponibilidade energética em GM, definiu o maior potencial de perda energética em GM, comparada às demais condições. Segundo a Lei de Stefan-Boltzmann, a energia irradiada por uma superfície é diretamente proporcional à sua temperatura, o que, em associação à atmosfera límpida, sem vento e com baixa umidade no ar, favoreceu o resfriamento radiativo e explicou a maior redução da Tf em GM do que em GT e GS, quando a Tnf foi menor do que em GM.

Tabela 1. Coeficiente linear (*a*), coeficiente angular (*b*), coeficiente de determinação (R²) e intervalo de confiança dos coeficientes da regressão em função do tempo e temperatura das folhas em noite antecedendo a formação de geada severa (GS), forte (GT), moderada (GM), fraca (GF), dia frio (DF) e sem geada (SG). Passo Fundo, RS, 2019.

Período	b	a	R ²	Intervalo de confiança			
				Inferior	Superior	Inferior	Superior
				b	b	a	a
GS							
17h-Tnf	-0,81*	0,13 ^{ns}	0,83	-0,86	-0,75	-0,31	0,58
17h-Tf20	-2,76*	4,32*	0,88	-3,12	-2,40	3,70	4,94
20h-Tnf	-0,50*	-4,28*	0,96	-0,52	-0,48	-4,39	-4,17
GT							
17h-Tnf	-0,61*	4,01*	0,77	-0,66	-0,56	3,61	4,40
17h-Tf20	-1,96*	6,79*	0,62	-2,50	-1,43	5,86	7,72

20h-Tnf	-0,41*	0,94*	0,74	-0,45	-0,37	0,68	1,20
GM							
17h-Tnf	-0,92*	7,35*	0,77	-0,99	-0,84	6,73	7,96
17h-Tf20	-3,77*	13,35*	0,92	-4,16	-3,38	12,66	14,03
20h-Tnf	-0,50*	1,85*	0,94	-0,52	-0,48	1,72	1,98
GF							
17h-Tnf	-0,59*	7,85*	0,92	-0,62	-0,57	7,64	8,07
17h-Tf20	-1,03*	8,87*	0,70	-1,26	-0,80	8,47	9,28
20h-Tnf	-0,51*	5,53*	0,88	-0,55	-0,48	5,32	5,74
DF							
17h-Tnf	-0,32*	7,20*	0,76	-0,35	-0,29	7,00	7,41
17h-Tf20	-1,06*	8,32*	0,83	-1,22	0,90	8,04	8,61
20h-Tnf	-0,27*	6,01*	0,63	-0,31	-0,23	5,82	6,21
SG							
17h-Tnf	-0,08*	13,58*	0,89	-0,08	-0,07	13,54	13,62
17h-Tf20	-0,17*	13,63*	0,70	-0,21	-0,13	13,56	13,70
20h-Tnf	-0,09*	13,43*	0,90	-0,10	-0,09	13,40	13,47

No período das 20h até a ocorrência da Tnf, a redução da Tf não diferiu entre GS, GM e GF, mas foi maior do que em GT. Em DF, a taxa de redução de Tf foi maior do que em SG e menor do que nas demais condições (Tabela 1). Essa resposta indica que, em noites com geada, a Tnf possui baixa relação com a redução da Tf após 20h. No entanto, a regressão entre a redução da Tar das 17h até 20h com a Tnf apresentou coeficiente *b* e *a* significativos (Figura 2), demonstrando que a Tnf possui alta relação com a redução da Tar entre as 17h e às 20h da noite anterior à geada. Isso demonstra ser possível estimar a Tnf de plantas de canola com a redução da Tar nas primeiras horas da noite, o que está diretamente relacionado com a disponibilidade e perda de energia da superfície neste período.

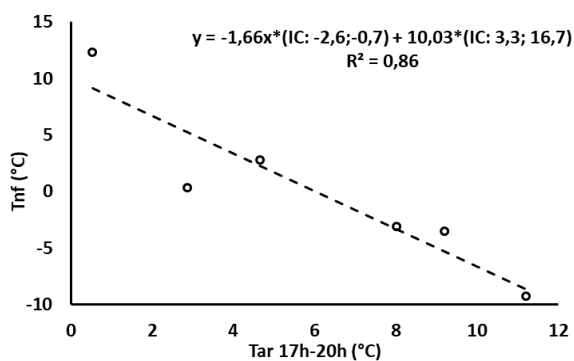


Figura 2. Relação entre a redução da temperatura do ar das 17h às 20h (Tar17h-Tar20h) e temperatura mínima das folhas (Tf) de plantas de canola cultivadas a campo, em noite antecedendo a formação de geada severa, forte, moderada, fraca, dia frio e sem geada. Passo Fundo, RS, 2019.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A temperatura das folhas é menor do que a temperatura do ar em noites com ocorrência de geada radiativa. A temperatura mínima de folhas da canola tem alta relação com a redução da temperatura do ar no período das 17h até às 20h do dia anterior à geada, sendo possível estimá-la com a equação: $T_{nf} = -1,66 * (Tar_{17h-Tar_{20h}}) + 10,03$.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Capes, ao CNPq, à Embrapa Trigo e à Universidade Federal de Santa Maria, pelo apoio recebido para a condução do trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

KALMA, Jetse D. et al. **Advances in bioclimatology 2. The Bioclimatology of Frost.** Berlin: Springer, 1992. 158 p.

KOVALESKI, Samuel. **Caracterização, quantificação e modelagem de danos provocados pela geada no período reprodutivo da canola.** 2019. 208 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

SILVA, Alessandro da.; MINUZZI, Rosandro Boligon. Modelagem estatística para previsão de geada de radiação. **Ciência e Natura**, Santa Maria, ano 38, n. 3, p.1453-1460, set./dez. 2016.

DINÂMICA DA ASSIMILAÇÃO PRIMÁRIA BRUTA DA SOJA NO SUL DO BRASIL

Gustavo Pujol Veeck¹; Genei Antonio Dalmago²; Débora Regina Roberti¹; Lidiane Bulignon¹; Anderson Santi²

Autor para correspondência: veeckgp@gmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria; ²Embrapa - Trigo

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo. Com isto, uma vasta área do território brasileiro é coberto por culturas que influenciam diretamente no balanço anual de carbono entre a superfície terrestre e a atmosfera. Neste trabalho foi utilizada a técnica da covariância dos vórtices turbulentos, do inglês Eddy Covariance (EC), para calcular os fluxos atmosféricos de CO₂ e estimar a produção primária bruta, do inglês gross primary production (GPP) em um cultivo de soja no município de Carazinho-RS. Foi analisada a evolução temporal do GPP, ajustadas equações que representam o acumulado de GPP em função dos dias após a semeadura e comparado com valores medidos de biomassa. Os modelos propostos representam de forma satisfatória as medidas de GPP e biomassa no cultivo da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Covariância dos Vórtices; GPP; Modelo

DYNAMICS OF GROSS PRIMARY PRODUCTION SOYBEAN IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

Brazil is one of the largest agricultural producers in the world. With this, a vast area of Brazilian territory is covered by cultures that directly influence the annual carbon balance between the Earth's surface and the atmosphere. In this work, Eddy Covariance (EC) was used to calculate the atmospheric CO₂ fluxes and to estimate gross primary production (GPP) in a soybean crop in Carazinho-RS. The temporal evolution of the GPP was analyzed, adjusted equations that represent the accumulated GPP as a function of the days after sowing and compared with measured values of biomass. The proposed models satisfactorily represent the GPP and biomass measurements in soybean cultivation.

KEY-WORDS: Eddy Covariance; GPP; Model

INTRODUÇÃO

As áreas agrícolas são importantes sumidouros de carbono (C) principalmente nas fases de crescimento das plantas (AUBINET et al., 2009; KUTSCH et al., 2010). Conforme FRANK et al., (2015), a absorção de CO₂ por fotossíntese é mais sensível as variações das condições meteorológicas e ambientais do que a respiração do ecossistema. As diferenças interanuais nos fluxos de CO₂ são influenciadas pelas diferenças na quantidade de nuvens e precipitação pluvial, e seus impactos causados sobre as variáveis ambientais, tais como, temperatura do ar, radiação solar incidente na superfície (R_g), horas de luz, deficit de vapor de pressão (VPD) e umidade do solo (YI et al., 2010). A fotossíntese aumenta conforme a temperatura do ar se eleva.

No entanto as altas temperaturas do ar são limitantes para a fotossíntese e podem reduzir o incremento líquido de carbono pelo aumento da respiração noturna. O desenvolvimento fenológico das plantas e por consequência a fotossíntese também é afetada pela temperatura ambiente (BALDOCCHI et al., 2005). Conforme Kramer, Leinonen e Loustau (2000) o desenvolvimento fenológico é geralmente associado a somas térmicas dos diferentes sub períodos do ciclo. Gu et al. (2003) mostram a relação entre o tempo de emissão de folhas com o tempo de crescimento da cultura e o impacto na sazonalidade da fotossíntese sobre esse processo.

No entanto, nesse sistema as trocas de energia e massa não foram ainda caracterizadas na região do estudo. Portanto, este trabalho pretende preencher esta lacuna e oferecer informações que podem ser úteis no melhor planejamento espaço-temporal destas culturas, contribuindo para sustentabilidade destas culturas na região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a dinâmica da assimilação primária bruta pela soja no sul do Brasil e propor modelos de estimativa da mesma.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sítio experimental é localizado no município de Carazinho, RS (28°13'46"S, 52°54'32"W e 517m) em lavoura comercial, com sucessão de culturas composta de soja no verão e de trigo no inverno. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013) e o solo é um Latossolo Vermelho Aluminoférrico (STRECK et al., 2008). A área experimental apresenta inclinação entre 5 e 10%, com exposição Leste/Nordeste.

Neste estudo foi utilizada a cultivar BMX Apolo semeada em 16 de novembro de 2015, com emergência 24 de novembro de 2015, florescimento em 15/01/2016 e colheita em 24/03/2016. A semeadura foi realizada com semeadora adubadora, em sistema de plantio direto. As sementes foram tratadas com fungicida e inseticida e receberam inoculação com *Bradyrhizobium*. O espaçamento entre linhas foi de 45 cm e densidade de 27 plantas m⁻². A adubação de base seguiu a análise de solo e correspondeu a 281 kg ha⁻¹ de NPK, na fórmula 05-20-20. O controle de plantas daninhas, de pragas e de doenças foi realizado quando necessário, utilizando produtos indicados para a cultura (REUNIÃO..., 2014) e foi baseado em monitoramento constante realizado no campo.

O monitoramento das variáveis ambientais/micrometeorológicas foi feito na área experimental por meio de uma torre micrometeorológica, desde a semeadura até a colheita da soja. Os equipamentos usados foram: um anemômetro sônico 3D CSAT3 (Campbel-SCI), um medidor de temperatura do ar, pressão atmosférica e analisador de gás infravermelho (H₂O/CO₂) EC-150-Sh-EB (Campbell-SCI). Ambos equipamentos medindo com uma frequência de 10Hz, instalados a 2 metros de altura do solo. O método da covariância dos vórtices turbulentos, do inglês *Eddy Covariance (EC)* foi usado para calcular os fluxos atmosféricos de dióxido de carbono (CO₂) usando o software EddyPro®, versão 6.2.1, da LiCOR. Este método utiliza medidas de alta frequência da componente vertical da velocidade do vento, e do escalar de interesse. Os fluxos de CO₂ foram calculados usando média em bloco de 30 minutos. Para maiores detalhes sobre o processamento de dados ver (VEECK, 2018)

O fluxo de CO₂ em vegetação baixa pode ser representado pela troca líquida de CO₂ do ecossistema, NEE, (do inglês Net Exchange Ecosystem) e pode ser particionado entre a respiração do ecossistema (respiração do solo, animais e plantas) (R_{eco}) e a assimilação de CO₂ pela fotossíntese (GPP)

$$NEE = R_{eco} + GPP \quad \text{Eq. (90)}$$

por convenção o R_{eco} é positivo e o GPP é negativo. A partição do NEE, juntamente com o preenchimento de dados faltantes foi realizada utilizando a metodologia de LASSLOP et al. (2010), utilizado o pacote do R ReddyProc (REICHSTEIN, et al. 2014). Para maiores detalhes sobre o processamento dos dados ver VEECK (2018).

Para a estimativa da Massa Seca Total (MST), amostras de plantas foram coletadas a cada 7 dias e secadas em estufa, regulada para atingir temperatura do ar máxima de 65°C e com fluxo de ar quente constante.

Neste trabalho serão comparadas as estimativas de GPP com as medidas de MST. Dois modelos para estimativa de GPP em função dos dias após a semeadura (DAS) foram calibrados usando o Método dos Mínimos Quadrados. A escolha das funções foi feita observando a curva formada pelo GPP acumulado ao longo do ciclo da soja. As funções utilizadas foram:

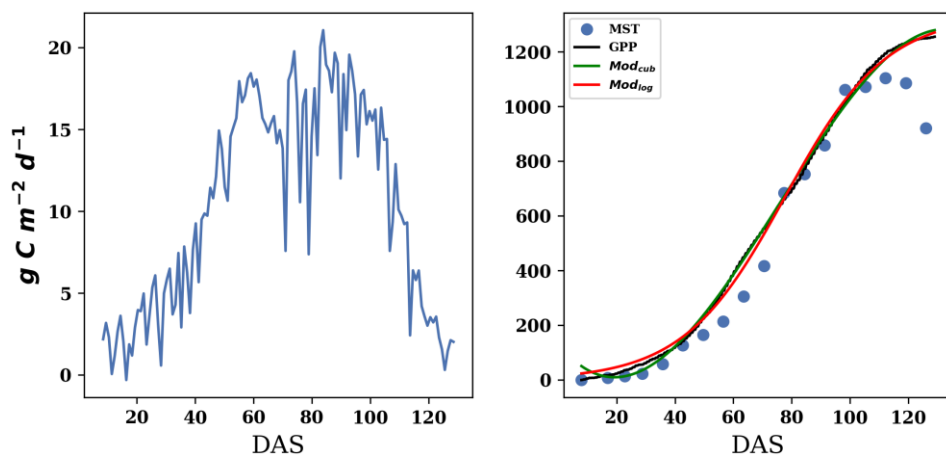
$$f(x) = a_1x^3 + b_1x^2 + c_1x + d_1 \quad \text{Eq. (91)}$$

$$f(x) = \frac{a_2}{b_2e^{-c_2x} + 1} \quad \text{Eq. (92)}$$

onde $f(x)$ é a função que descreve o GPP, x é a variável DAS e $a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2$, são parâmetros a serem calibrados. A eq. (2) é uma função polinomial de ordem 3 e a eq. (3) é uma função logística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as médias diárias de GPP obtidas ao longo do ciclo da soja na safra 2015/2016. O GPP máximo foi 21,06 g C m⁻² d⁻¹ (DAS 83), enquanto o mínimo foi 0,66 g C m⁻² d⁻¹ (DAS 17). Nota-se uma variabilidade ao longo dos dias devido principalmente a variação na quantidade de energia solar incidente sobre a cultura.



Média diária da Produção primária bruta (GPP) obtida com a técnica Eddy Covariance no ciclo da soja no sítio de Carazinho-RS (a) e GPP acumulada ao longo do ciclo da soja juntamente com os valores de Matéria Seca Total (MST) e os modelos ajustados, Modelo ‘função cubica’, eq. (2) (Modcub) e Modelo ‘função Logística’, eq. (3) (ModLog) (b).

Foram utilizadas equações de ajuste de curvas para descrever o GPP em função do número do DAS. Foi utilizada uma função polinomial de ordem 3 (eq 2) e uma função Logística (eq 3) com os parâmetros ajustados. Estes parâmetros são mostrados no Quadro(1). Pode-se observar que ambas as equações se ajustam aos dados observados (Figura 1b). Estas equações podem ser usadas para estimativa do GPP para o cultivo da soja. O período final, após o DAS 100, quando as plantas entram em senescência, as equações não apresentaram a mesma resposta da MST, pois, o GPP é acumulado de acordo com a evolução das equações e a MST é obtida experimentalmente, onde ocorrem perdas, especialmente da matéria seca de folhas.

Quadro 1: Parâmetros de ajuste das funções cúbica, eq. (2), e logística, eq. (3)

Modelo 'função cúbico' – Eq. (2)		Modelo 'função Logística' - Eq.(3)	
Parâmetro	valor	Parâmetro	valor
a₁	-0,002	a₂	1337
b₁	0,4	b₂	86,7
c₁	-13,4	c₂	-0,0057
d₁	133		

O Quadro 2 mostra os parâmetros estatísticos obtidos através da regressão linear entre o MST e o GPP observado, acumulado pelos modelos Mod_{cub} e Mod_{log}. Os dois modelos representam satisfatoriamente os dados observados de MST, e apresentam erro muito próximo aos dados observados, entretanto o modelo logístico apresenta o maior R² com menor RMSE.

Quadro 2: Parâmetros estatísticos da regressão linear entre a Matéria Seca Total (MST, g C m⁻²) e a assimilação primária bruta acumulada (GPP, g C m⁻²)

	R ²	RMSE	Regressão
GPP Observado	0,97	± 106,1 g C m ⁻²	GPP(MST) = 1,05(MST) + 40,8
GPP Mod _{cub}	0,96	± 109,7 g C m ⁻²	GPP(MST) = 1,04(MST) + 44,7
GPP Mod _{log}	0,97	± 103,5 g C m ⁻²	GPP(MST) = 1,04(MST) + 50,5

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Ambos os modelos, cúbico e logístico, representam de forma satisfatória os valores acumulados do GPP em função dos dias após a semeadura da soja. Estes resultados devem ser validados para outros sítios experimentais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A equipe agradece a UFSM, CNPq, CAPES, FAPERGS e Embrapa-Trigo por todo o apoio recebido. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Capão Alto pela parceria no trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AUBINET, Marc et al. Carbon sequestration by a crop over a 4-year sugar beet/winter wheat/seed potato/winter wheat rotation cycle. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3-4, p. 407-418, 2009.

AUBINET, Marc; VESALA, Timo; PAPAIE, Dario (Ed.). **Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis**. Springer Science & Business Media, 2012.

BALDOCCHI, Dennis; CHU, Housen; REICHSTEIN, Markus. Inter-annual variability of net and gross ecosystem carbon fluxes: A review. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 249, p. 520-533, 2018.

GU, Lianhong et al. Phenology of vegetation photosynthesis. In: **Phenology: An integrative environmental science**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 467-485.

KRAMER, K.; LEINONEN, I.; LOUSTAU, D. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. **International Journal of Biometeorology**, v. 44, n. 2, p. 67-75, 2000.

LASSLOP, Gitta et al. Separation of net ecosystem exchange into assimilation and respiration using a light response curve approach: critical issues and global evaluation. **Global Change Biology**, v. 16, n. 1, p. 187-208, 2010.

REICHSTEIN, M. et al. REdDyProc: Data processing and plotting utilities of (half-) hourly eddy-covariance measurements. **R package version 0.6-0/r9**, 2014.

REICHSTEIN, M. , Falge, E. , Baldocchi, D. , Papale, D. , Aubinet, M. , Berbigier, P. , Bernhofer, C. , Buchmann, N. , Gilmanov, T. , Granier, A. , Grünwald, T. , Havránková, K. , Ilvesniemi, H. , Janous, D. , Knohl, A. , Laurila, T. , Lohila, A. , Loustau, D. , Matteucci, G. , Meyers, T. , Miglietta, F. , Ourcival, J. , Pumpanen, J. , Rambal, S. , Rotenberg, E. , Sanz, M. , Tenhunen, J. , Seufert, G. , Vaccari, F. , Vesala, T. , Yakir, D. and Valentini, R. (2005), On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11: 1424-1439. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.001002.x

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2013/2014 e 2014/2015**. XL Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124p.

YI, Chuixiang et al. Climate control of terrestrial carbon exchange across biomes and continents. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 3, p. 034007, 2010.

AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS MOD16 E MOD17 COM DADOS DE TORRE DE FLUXO NO BIOMA PAMPA BRASILEIRO

Tiago Bremm¹; Vanessa de Arruda Souza²; Lucas Augusto Fagundes¹; Cristiano Maboni³; Débora Regina Roberti⁴

Autor para correspondência: bremm.tiago@gmail.com

¹Discente de Pós Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul; ²Pós-Doutoranda na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul; ³Discente de Pós Graduação em Física na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul; ⁴Docente na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul

RESUMO

A evapotranspiração (ET) é uma componente essencial para avaliação do ciclo de energia e água de um ecossistema. Desta mesma forma, a dinâmica dos fluxos de dióxido de carbono (CO₂) e a produção primária bruta (GPP) são extremamente importantes para o ciclo global do carbono. Determinar a dinâmica utilizando longas séries de dados ininterruptas são necessárias para compreender as variáveis ambientais e as forçantes que mais influenciam nestes ciclos. A Técnica da Covariância dos Vórtices (EC) é mundialmente empregada para estimar as trocas líquidas de CO₂ e a ET, contudo, não há muitos sítios experimentais com longas séries temporais disponíveis, devido ao custo elevado de implementação, manutenção e tratamento dos dados. Uma alternativa é a utilização de dados de satélite, como o GPP e ET disponibilizados pelo sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Radiometer*) a bordo do satélite Terra, com resolução espacial de 500 m e 8 dias de escala temporal. Neste estudo os produtos MOD17A2 (GPP_{MOD}) e MOD16A2 (ET_{MOD}) foram comparados com o GPP_{EC} e a ET_{EC} obtidos pela Técnica EC para um sítio experimental localizado no município de Aceguá, sudoeste do Rio Grande do Sul. Os resultados mostram que GPP_{MOD} e ET_{MOD} foram subestimados em 68% e 48%, respectivamente. Apesar de subestimar as medidas de superfície, os dados de satélite são importantes para estimar condições iniciais de modelos climáticos e de previsão do tempo em locais sem medidas de superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Eddy Covariance; GPP; evapotranspiração

EVALUATION OF THE MODIS PRODUCTS MOD16 AND MOD17 WITH A FLUX TOWER DATA IN THE BRAZILIAN PAMPA BIOME

ABSTRACT

Evapotranspiration (ET) is an essential component for assessing the energy and water cycle of an ecosystem. In the same way, the dynamics of carbon dioxide (CO₂) flows and gross primary production (GPP) are extremely important for the global carbon cycle. Determining the dynamics using long series of uninterrupted data is necessary to understand the environmental variables forces that influence the most in these cycles. The Eddy Covariance (EC) technique is globally used to estimate net CO₂ and ET changes, however, there are not many experimental sites with long time series available because of the high cost of implementation, maintenance and data processing. An alternative is the use of satellite data, such as GPP and ET provided by MODIS (*Moderate Resolution Imaging Radiometer*) sensor on board the Terra satellite, with spatial resolution of 500 m and 8-day time scale. In this study the products MOD17A2 (GPP_{MOD}) and MOD16A2 (ET_{MOD}) were compared with the GPP_{EC} and ET_{EC} obtained by the EC technique for an experimental site located in the municipality of Aceguá, southwest of Rio Grande do Sul. The results show that GPP_{MOD} and ET_{MOD} were underestimated by 68% and 48%, respectively. Despite underestimating

surface measurements, satellite data are important for estimating the initial conditions of climate models and weather forecasting in locations without surface measurements.

KEY-WORDS: Eddy Covariance; GPP; Evapotranspiration

INTRODUÇÃO

A produção primária bruta (GPP) representa a capacidade de um ecossistema de sequestrar carbono da atmosfera, sua determinação em grande escala espacial e temporal com boa acurácia ainda é um desafio (HUANG, 2018). Em superfície, o GPP pode ser estimado pela partição do fluxo de CO₂, medido através da Técnica da Covariância dos Vórtices (EC). A determinação dos fluxos medidos pela Técnica EC é resultante do balanço de energia entre as variáveis calculadas (fluxo de calor sensível e latente) e as variáveis medidas (radiação líquida e fluxo de calor no solo). Desta forma, a evapotranspiração (ET) é estimada à partir do fluxo de calor latente (LE) e, em termos de energia, consumindo cerca de 50% da radiação solar absorvida pela superfície (média global) (TRENBERTH; FASULLO; KIEHL. 2009).

Dados obtidos pelo sensor remoto MODIS (*Moderate Resolution Imaging Radiometer*) a bordo do satélite Terra são uma alternativa ao número limitado de sítios experimentais ou ausência de dados de GPP e ET em superfície, também proporcionando longas séries temporais com resolução espacial de até 500 m. Contudo, é necessária a validação dos produtos do sensor MODIS com observações locais sobre diversas áreas do globo. Os algoritmos desenvolvidos para o MOD16A2 e MOD17A2 foram ajustados e validados principalmente sobre o hemisfério norte (HUANG, 2018).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é comparar os produtos MOD17A2 (GPP_{MOD}) e MOD16A2 (ET_{MOD}) com os dados de GPP_{EC} e ET_{EC} medidos pela Técnica EC em uma área de pastagem natural no bioma Pampa brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de superfície utilizados neste trabalho foram coletados por uma torre micrometeorológica, localizada no sítio experimental na cidade de Aceguá, sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, Figura 1. O sítio faz parte da Rede PELD (Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração) e possui área de aproximadamente 36 ha, divididos em 3 manejos de pecuária.

Os dados de alta frequência (10 Hz) das componentes do vento foram coletados em um sistema composto por um anemômetro sônico tridimensional (CSAT3, Campbell Scientific Inc) e a concentração de CO₂ e de vapor de água foram coletadas por um analisador de gás de caminho aberto (LI-7500, Li-COR Inc.), ambos instalados a 2 m de altura do solo. O fluxo de CO₂ foi obtido pela Técnica EC com o auxílio do software EddyPro Advanced (versão 6.2.1 LICOR), calculado em médias de 30 minutos. O controle de qualidade para remoção de dados espúrios e o filtro de turbulência foram aplicados, resultando ao final do processo em 22% de falhas (dados rejeitados pelo controle de qualidade). Os fluxos de calor latente (LE) e de CO₂ foram preenchidos utilizando o pacote ReddyProc, disponível no software RStudio para computação estatística. O fluxo de CO₂ foi particionado em GPP_{EC} e respiração do ecossistema no mesmo pacote, utilizando a metodologia proposta por Reichstein (2005). A ET_{EC} foi obtida pela metodologia proposta em Arya (2001).

Neste trabalho foram utilizados dados de 17 de janeiro a primeiro de maio de 2019, totalizando 104 dias.

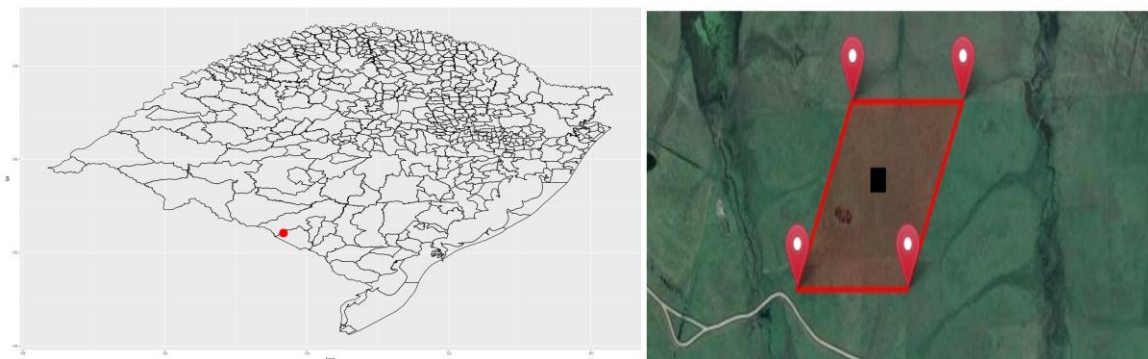


Figura 1. Localização do sítio experimental no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul. O ponto vermelho representa o município de Aceguá e a figura abaixo mostra o pixel do MODIS utilizado no estudo, com a representação da torre micrometeorológica em seu centro.

Os produtos do sensor MODIS foram obtidos do site <https://modis.ornl.gov/data.html>, com resolução espacial de 500 m e pixel centrado na torre micrometeorológica. GPP_{MOD} e ET_{MOD} representam a composição de 8 dias, totalizando 14 pontos, obtidos de 17 de janeiro a primeiro de maio de 2019. Cada composição representa a soma de GPP_{MOD} e ET_{MOD} para cada passagem do satélite (1 passagem diária). O GPP_{MOD} é calculado a partir do uso eficiente da luz (LUE) com valor máximo de LUE tabelado de acordo com o tipo de vegetação. Para a vegetação do sítio (gramíneas) LUE_{max} equivale a $0,860 \text{ g C MJ}^{-1}$. A determinação da ET_{MOD} é baseada no modelo Penman-Monteith utilizando dados de vegetação provenientes do sensor MODIS e dados atmosféricos de reanálise do GMAO/MERRA (Global Modeling and Assimilation Office).

Para a comparação dos dados de superfície com os dados de satélite, foi calculada a média diária do GPP_{EC} e da ET_{EC} e realizada a soma para o mesmo período das imagens do MODIS (8 dias). Logo após foram determinadas a regressão linear e o coeficiente de determinação (R^2) para os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O GPP_{MOD} vs GPP_{EC} apresentou um R^2 de 0,71, representando uma boa correlação entre os dados de satélite e superfície, conforme mostrado na Figura 2a. A regressão linear ($y = 19,29 + 0,32x$) mostra uma subestimativa de 68% nos dados de GPP_{MOD} , com erro médio quadrático (RMSE) de $35,47 \text{ g C m}^{-2}$, resultados similares aos encontrados por HUANG (2018), mas em uma lavoura de milho. A ET, mostrada na Figura 2b, também foi subestimada pelo satélite, aproximadamente 48%, com $R^2 = 0,91$ e RMSE de $19,74 \text{ mm/8-dias}$.

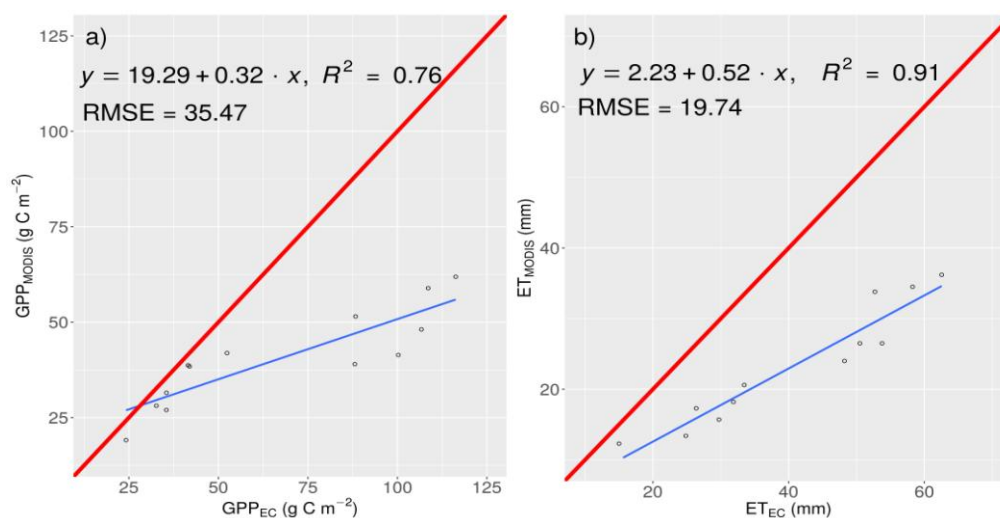


Figura 2. Dispersão entre os dados de satélite e de superfície a) GPP_{MOD} vs GPP_{EC} ; b) ET_{MOD} vs ET_{EC} . A linha vermelha representa a reta 1:1 e a linha azul a regressão linear, com o respectivo RMSE.

A subestimativa dos dados de satélite de GPP_{MOD} pode ser causada por erros na determinação do valor de LUE pelo sensor MODIS. Para o sítio experimental o LUE máximo encontrado foi de $1,02 \text{ g C MJ}^{-1}$, enquanto que no MODIS o valor é de $0,8 \text{ g C MJ}^{-1}$, resultando em uma diferença de aproximadamente 18%. Este fato está associado a subestimativa do GPP_{MOD} em períodos com maior radiação solar, como pode ser observado na Figura 3a, de janeiro a março. Após o final do mês de março, quando a radiação disponível é menor, LUE é melhor estimado, aumentando a acurácia do GPP_{MOD} em relação ao dado observado.

De acordo com Souza (2017), a ET_{MOD} apresenta maior correlação com os dados de temperatura do ar, enquanto que a ET_{EC} mostra maior correlação com as variáveis de radiação solar. A subestimativa da ET_{MOD} para o sítio experimental pode ser causada por ponderações incorretas para a radiação solar e a temperatura do ar pelo modelo utilizado no MODIS, já que em períodos com menor quantidade de radiação a ET_{MOD} subestima menos a ET_{EC} , conforme mostrado na Figura 3b.

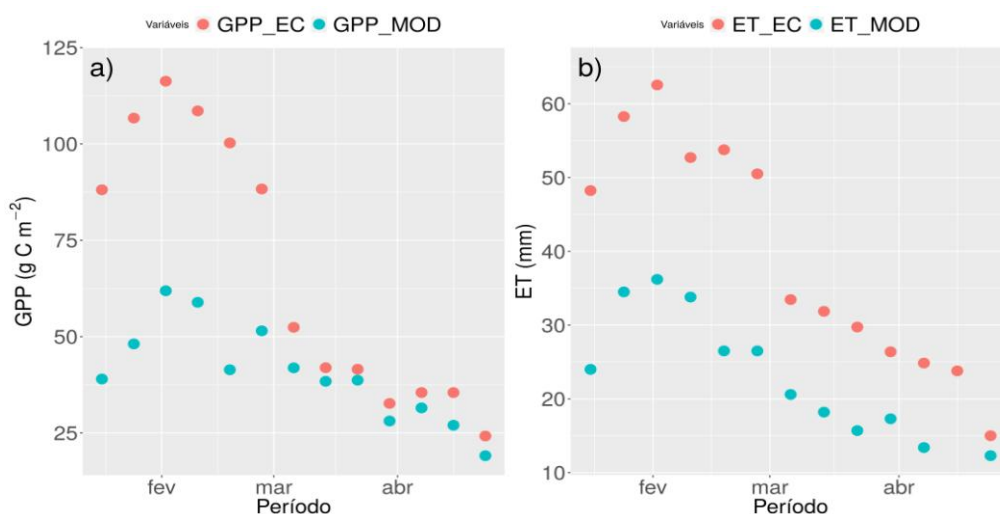


Figura 3. Composição de 8 dias para os produtos do MODIS e do sistema EC. a) GPP; b) ET.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados mostraram que o MODIS e o sistema EC possuem bom coeficiente de determinação para GPP e ET, contudo, ocorre grande subestimativa nos valores de ambos os produtos. Um possível problema na subestimativa do GPP_{MOD} está ligada ao limite máximo de LUE tabelado pelo MODIS ser inferior ao máximo encontrado para o sistema EC no sítio experimental. ET_{MOD} pode estar sendo subestimada devido à ponderação incorreta da radiação solar e da temperatura do ar na metodologia de determinação da ET_{MOD} . Apesar de subestimar os valores medidos em superfície, os dados do sensor MODIS são uma alternativa para estimar GPP e ET em locais sem a disponibilidade de dados de torres micrometeorológicas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem as agências financiadoras brasileiras: CNPq, FAPERGS e CAPES, em especial aos projetos CAPES88887.336223/2019-00 e 88887.136276/2017-00.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARYA, P. S. **Introduction to micrometeorology**. [S.l.]: Elsevier, 2001. v. 79.

HUANG, Xiaojuan et al. The uncertainty analysis of the MODIS GPP product in global maize croplands. **Frontiers of Earth Science**, v. 12, n. 4, p. 739-749, 2018.

REICHSTEIN, M. et al. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. **Global Change Biology**, Wiley Online Library, v. 11, n. 9, p. 1424–1439, 2005.

Souza, Vanessa de Arruda. "Validação de métodos de evapotranspiração e parametrização de um modelo a partir de dados in situ e remotos para cultivos de arroz irrigado no sul do Brasil." (2017).

TRENBERTH K.E., J. T. FASULLO, J. KIEHL. 2009. Earth's global energy budget. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 90; 311-324.

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA CHUVA EM MICRO ESCALA

Brena Geliane Ferneda¹; Karlmer Abel Bueno Correa¹; Felipe Gustavo Pilau¹
Autor para correspondência: brenaferneda95@gmail.com

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" - USP

RESUMO

Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial das chuvas no estado de Mato Grosso e em nível de fazenda no município de General Carneiro, MT. Foram utilizados dados diários de precipitação, do período de junho de 2018 a fevereiro de 2019, para dezoito cidades do estado de Mato Grosso, e do período de outubro de 2018 a fevereiro de 2019 para nove pluviômetros instalados na fazenda em General Carneiro, MT. As distâncias mínimas e máximas entre os pontos de coleta foram de 0,63 e 1050,26 km. Foram determinados valores de R^2 para a relação entre os volumes precipitados em cada local e após, plotada a relação entre o coeficiente de determinação e a distância entre pontos. Foi encontrada também relação inversa entre volumes acumulados de chuva entre pontos e a respectiva distância entre os mesmos, onde quanto mais distante, menor o R^2 . Foram observadas diferenças em microescala, porém não foram significativas (Tukey, 5%). Conclui-se que há variabilidade espacial de chuva tanto em macro como em micro escala e as mesmas devem ser estudadas constantemente a fim de realizar planejamentos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação pluvial; Variabilidade espacial; Nível de talhão

EVALUATION OF SPATIAL VARIABILITY OF RAIN IN MICRO SCALE

ABSTRACT

A spatial variability of rainfall in the State of Mato Grosso and at the level of the farm in the municipality of General Carneiro, MT, was studied. The year 2019, for eighteen cities in the state of Mato Grosso, and the period from June 2018 to February 2019, for the nine pluvial levels installed at the farm in General Carneiro, MT. The minimum and maximum distances between collection points were 0.63 and 1050.26 km. R^2 values were chosen for a relation between the precipitated volumes at each site and after plotting a relation between the determination coefficient and the distance between points. It was also found an inverse relationship between accumulated volumes of rain between points and the respective distance between them, where the more distant, the lower the R^2 . Differences were observed in microscale, but were not significant (Tukey, 5%). It is concluded that there are several species of rain both in macro and in scale and as you study in a process of realizing agricultural plans.

KEY-WORDS: Rainfall; Spatial variability; Farm level

INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola é determinada basicamente por condicionantes de solo (fertilidade, textura) e de clima (temperatura do ar, fotoperíodo, radiação solar e precipitação). Dentre esses, a limitação hídrica é conhecida como principal interferente na potencialidade produtiva (SENTELHAS et al., 2015) Anualmente, o Brasil destina uma área de 62,8 milhões de hectares para a produção de agrícola, nos quais são produzidos aproximadamente 236,7 milhões de toneladas de grãos, em sua maioria produzidos sob condição de sequeiro, ou seja, o suprimento hídrico é dado exclusivamente por ocorrência das chuvas (CONAB, 2019).

A variação da precipitação pluvial é determinada, espacialmente, pela topografia e tipo de chuva (MELLAART, 1999) e temporalmente pelos fenômenos El Niño e La Niña (RAMOS et al., 2015; POHLMANN & LAZZARI, 2018). Essas variações acarretam em volumes precipitados acima ou abaixo da média, refletindo diretamente na produção agrícola. (BERGAMASCHI et al., 2006 e RAMOS et al., 2015) salientam a importância da condução de culturas de ciclo anual durante períodos estratégicos para não sofram déficit hídrico em fases críticas de desenvolvimento.

Estudos a cerca da variabilidade espaço-temporal das chuvas são conduzidos a fim de definir zoneamentos e tendência chuvosa (SIMÕES et al., 2018; GONÇALVES & BACK, 2018), caracterizar áreas com potenciais erosivos (DI RAIMO et al., 2018) além de avaliar a resposta produtiva de culturas conduzidas em condição de sequeiro (SILVA et al., 2008; LUCENA et al., 2012).

Tendo em vista o conhecimento a cerca da variabilidade espaço-temporal das chuvas em macro escala e seu efeito sobre sistemas produtivos, foi estudada a hipótese de que diferentes volumes hídricos são registrados em micro escala.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a variação espacial da precipitação pluvial no estado de Mato Grosso e pontualmente em nível de fazenda no município de General Carneiro-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliação espacial da precipitação pluvial do estado de Mato Grosso, foram adquiridos os volumes acumulados diários de chuva durante o período de junho de 2018 a fevereiro de 2019 de 18 estações meteorológicas automáticas, localizadas nas cidades de Água Boa, Alta Floresta, Alto Araguaia, Alto Taquari, Apiacas, Campo Novo dos Parecis, Carlinda, Comodoro, Cotriguaçu, Cuiabá, Itiquira, Nova Ubiratã, Novo Mundo, Rondonópolis, Salto do Céu, Sinop, Tangará da Serra e Vila Bela da Santíssima Trindade (Figura 1). Os dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A avaliação local da precipitação foi realizada durante o período de outubro de 2018 a fevereiro de 2019 em uma fazenda localizada no município de General Carneiro no estado de Mato Grosso, entre os meses de outubro de 2018 e fevereiro de 2019. O monitoramento da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial foi realizado a partir da instalação de nove pluviômetros do tipo “tipping bucket”, com área de coleta de 380 cm². Cada pluviômetro foi ligado a um datalogger, marca Novus, e foram programados para registrar e armazenar o total acumulado de chuva a cada 5 minutos. O posicionamento dos pluviômetros foi definido de modo a abranger toda a área de cultivo. Dessa forma a distância mínima entre pontos foi de 700m. e máxima de 3022m. (Figura 1). Foi realizada análise estatística para os dados, aplicando o teste Tukey (5%).

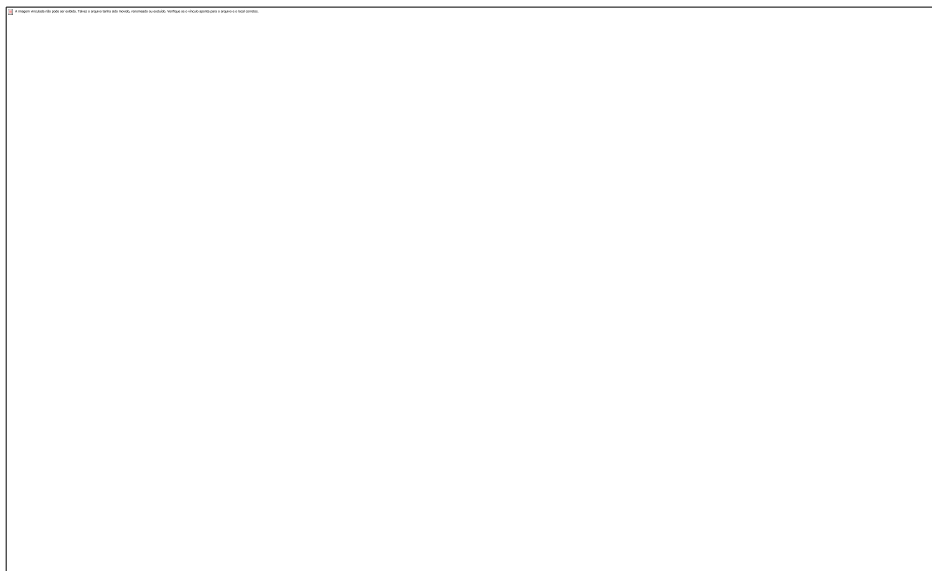


Figura 1. Localização dos pontos de coleta chuva no estado de Mato Grosso e na fazenda no município de General Carneiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variabilidade espacial das chuvas é observada tanto em escala estadual como local (Figura 2) onde, quanto maior a distância entre pontos de coleta, menor o coeficiente de determinação. Em escala estadual, os valores de R^2 variaram entre 0,0001 e 0,24 onde a menor distância entre pontos de coleta foi de 40,2 e a maior, 1050,22 km.

Figura 2: Relação entre coeficiente de relação da chuva e distância entre pontos de coleta para o estado de Mato Grosso (A) e para a fazenda localizada em General Carneiro, MT (B).

Foram obtidos valores mensais acumulados de chuva variando entre 0 e 542 mm com desvio padrão de até 123,9 mm entre os pontos de coleta das cidades. E volumes variando entre 31,96 e 354,33 com desvio padrão máximo de 59,43 mm entre os nove pontos de coleta na fazenda.

Para os nove pontos de coleta, a precipitação acumulada mensal, registrada no período de outubro de 2018 a fevereiro de 2019, apresentou variação espaço-temporal (Quadro 1). As médias mensais variaram entre $38,22 \pm 3,23$ e $315,30 \pm 59,30$ mm nos meses de outubro e novembro, respectivamente. Apesar do maior coeficiente de variação (18,85%) entre pontos de coleta ter sido baixo, (Ribeiro, 2017) salienta a importância do estudo em pequenas distâncias, uma vez que em espaço de 24,5 km registrou diferença de 48% no total precipitado.

A média total de chuva registrada no período foi de $903,90 \pm 81,93$ mm, de acordo com o esperado para a região. Porém nos meses de dezembro e janeiro foram registrados, em média 178,37 e 108,95 mm, respectivamente. Souza et al., (2013) realizaram a caracterização climatológica para o estado e, segundo uma série de aproximadamente 30 anos de dados, é esperado um total acumulado de 550 mm para esse período. Apesar da variação volumétrica, não foi observada diferença estatística entre os pontos de coleta.

Quadro 1: Precipitação acumulada mensal e total do período de 10/10/2018 a 28/02/2019 nos nove pontos de coleta instalados na fazenda em General Carneiro, MT.

Ponto	out/2018	nov/2018	dez/2018	jan/2019	fev/2019	Acumulado
	Chuva mensal (mm)					
P1	39,12	337,77	182,73	116,88	268,76	945,27
P2	38,10	354,33	169,42	115,57	269,24	946,66
P3	31,96	277,67	171,53	111,99	216,43	809,59
P4	38,96	317,77	201,64	105,50	262,74	926,61
P5	41,08	303,32	177,61	97,66	297,17	916,84
P6	40,08	300,96	167,28	106,08	264,00	878,40

P7	*	212,28	154,45	141,28	269,38	777,38
P8	*	192,53	166,12	128,27	264,72	751,64
P9	*	211,02	175,21	121,48	252,89	760,61
Média	38,22	315,30	178,37	108,95	263,06	903,90
D. P.	3,23	59,43	13,09	13,14	21,08	81,93
C. V. (%)	8,45	18,85	7,34	12,06	8,01	9,06

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No estado de Mato Grosso há variabilidade espacial das chuvas, onde, quanto maior a distância entre pontos de coleta, menor o coeficiente de determinação. Em micro escala (nível fazenda), onde a distância máxima entre pontos de coleta foi de 3,02 km também foi observado variação nos volumes acumulados de chuva, destacando a importância do monitoramento em curtas distâncias.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Capes pela concessão de bolsa de estudos. Aos proprietários da Fazenda São Sebastião pela disponibilidade do local para instalação dos sensores e equipamentos. À empresa SmartAgri pela parceria e apoio financeiro no desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BEREGAMASCHI, Homero; DALMARGO, Genei Antônio; COMIRAN, Flávia, et al. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, ano (06), v. 41, n.2. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200008>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

DI RAIMO, Luis A. di Loreto; AMORIM, Ricardo S. Santos; COUTO, Eduardo E.; et al. Spatio-temporal variability of erosivity in Mato Grosso, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, ano 18, v.13, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/1980-993X>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

GONÇALVES, Fabiane N. & BACK, Álvaro J. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, ano 18, v.41, n.3, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.19084/rca17204>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

LUCENA, Joselma Araújo; SOUZA, Bartolomeu I.; MOURA, Marcelo de O.; LIMA, Joab de O. Análise da variabilidade da precipitação pluviométrica como Subsídio para o planejamento agrícola em Caicó/Rn. **Revista Brasileira de Meteorologia**, ano 12, v.10, 2012. Acesso em: 15 mai. 2019.

MELLAART, E A. R. Integrated Drought Management: Lessons for Sub-Saharan Africa. IHP-V/Technical Documents in Hydrology, ano 99, n. 35, 1999. Acesso em: 15 mai. 2019.

POHLMANN, Valéria & LAZZARI, Marcondes. Caracterização climática de Cachoeira do Sul, RS quanto à precipitação pluvial. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, ano 18, v.4, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.21674/2448-0479.41.42-60>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

RAMOS, Henrique da Cruz; DALLACORT, Rivanildo, SANTI, Adalberto; JUNIOR, Santino Seabra. QUAIROZ, Tadeu de Miranda. Precipitação pluvial de Diamantino-MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, ano 15, v.30, 2015. Retrieved from Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862015000100071&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2019.

Ribeiro, Maurício Alves. Caracterização espaço-temporal da variabilidade pluviométrica em uma propriedade rural na Bacia do Rio Jardim (Distrito Federal). Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Gestão Ambiental), Planaltina, DF, ano 17, 21p. 2017. Disponível em: <<http://www.albayan.ae>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SENTELHAS, Paulo C.; BATTISTI, Rafael; CÂMARA, G. M. S., et al., The soybean yield gap in Brazil - Magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, ano 18, v.153, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0021859615000313>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SILVA, Daniela F. da; PRELA-PANTANO, Angélica; NETO, João Lima S. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do médio Paranapanema,SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 08, v.3, 2008. Acesso em: 15 mai. 2019.

SIMÕES, Yagho de S.; SILVA, Eduardo H. B. C.; DE ARAÚJO, Heráclio A. Rainfall zoning of Bahia State, Brazil: an update proposal. **Revista Ambiente e Agua**, ano 18, v.13, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/1980-993X>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SOUZA, Adilson Pacheco de; MOTA, Luan Lima de; ZAMADEI, Tamara., et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v.1, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ANÁLISE DAS COMPONENTES DO SALDO DE RADIAÇÃO: MEDIDAS IN SITU E ESTIMATIVAS COM O MODELO SEBAL

Tiago Bremm¹; Lucas Augusto Fagundes¹; Vanessa de Arruda Souza²; Cristiano Maboni³; Débora Regina Roberti⁴

Autor para correspondência: bremm.tiago@gmail.com

¹Discente de Pós Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul; ²Pós-Doutoranda na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul; ³Discente de Pós Graduação em Física na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul; ⁴Docente na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar as componentes do saldo de radiação em uma área de arroz irrigado por inundação no estado do Rio Grande do Sul, a partir de dados do Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS/TERRA) por intermédio do modelo Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). A análise das componentes principais mostraram maior correlação entre a Temperatura do ar para estimar a radiação de onda longa da atmosfera para a superfície, embora a maioria dos estudos utilizaram a temperatura de superfície. O Rn_sat e o Rn_obs não apresentaram correlação significativa, porém as componentes do saldo de radiação apresentaram uma correlação positiva.

PALAVRAS-CHAVE: SEBAL; MODIS; Saldo de radiação

ANALYSIS OF THE NET RADIATION COMPONENTS: IN SITU MEASURES AND ESTIMATES WITH THE SEBAL MODEL

ABSTRACT

This study aims to analyze the components of the radiation balance in an area of flooded rice in the state of Rio Grande do Sul, using data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS / TERRA) using the Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). The analysis of the major components showed higher correlation between the air temperature to estimate the long wave radiation from the atmosphere to the surface, although most studies used surface temperature. Rn_sat and Rn_obs not present a significant correlation, but the components of the radiation balance showed a positive correlation.

KEY-WORDS: SEBAL; MODIS; Net radiation

INTRODUÇÃO

O Saldo de Radiação (Rn) é essencial para entender a distribuição de energia na superfície terrestre (BASTIAANSSEN et al., 1998, 2005). Medidas de Rn e suas componentes em superfície são poucas e algumas vezes contém erros devido as limitações técnicas e/ou econômicas dos sensores utilizados, necessitando calibração e manutenção frequente (SAMANI et al., 2007). A utilização de dados de Sensoriamento Remoto (SR) surge como alternativa importante para esta variável e estudo do balanço de energia regional e global, possibilitando determinar as componentes em superfície com vasta cobertura temporal e espacial. O SR é uma ferramenta que tem sido amplamente utilizada nas análises meteorológicas

em virtude de sua flexibilidade e disponibilidade, pois trabalham com um sistema computacional que permite analisar as informações espaciais de forma ágil, fácil e rápida. Atualmente, existem diversos satélites artificiais na órbita terrestre sendo utilizados em diversas aplicações tais como: análises climáticas, monitoramento geológico, uso do solo, etc. Cada um com suas características para a finalidade que foram criados (resolução temporal, radiométrica, espectral e espacial).

O modelo Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) foi desenvolvido por Bastiaanssen (1995), com a finalidade de simplificar o processo de obtenção de variáveis hidrológicas para extensas regiões geográficas utilizando SR. O algoritmo SEBAL estima as componentes do balanço de energia, no qual o R_n é uma variável fundamental. Geralmente os trabalhos científicos comparam as componentes do balanço de energia do modelo SEBAL, principalmente evapotranspiração (Sun et al. 2011). No entanto, problemas nas estimativas das componentes do saldo de radiação podem gerar erros nas estimativas finais. Portanto, neste trabalho será estimado o R_n e suas componentes em uma área de arroz irrigado por inundação durante uma safra e comparado com medidas observacionais.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este estudo tem como objetivo principal analisar como as estimativas das componentes do saldo de radiação obtidas com modelo SEBAL estão correlacionadas com medidas observadas em uma área de arroz irrigado no sul do Brasil em dias sem nuvens na safra 2016/2017.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo ocorreu numa área de cultivo de arroz irrigado por inundação, com aproximadamente 1000 hectares localizada nas coordenadas (latitude: -30,2771; longitude: -53,1479), e elevação de 40 metros em relação ao nível médio do mar, no município de Cachoeira do Sul, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Neste estudo serão utilizados dados de 25 de novembro de 2016 até 30 de abril de 2017. A semeadura do arroz na área experimental foi realizada no dia 1 de dezembro de 2016 e a colheita ocorreu dia 10 de maio de 2017.

Na área, um torre de fluxo pertencente ao projeto SULFLUX (www.ufsm.br/sulflux) coletou dados atmosféricos a nível de superfície. As variáveis radiação de onda curta incidente (K_{in_obs}), refletida (K_{out_obs}), radiação de onda longa emitida pela atmosfera para a superfície (L_{in_obs}) e emitida pela superfície (L_{out_obs}) foram medidas pelo sensor da marca Kipp&Zonen, modelo CMP3, na altura de 5,6 metros. O albedo ($albedo_obs$) foi estimado da razão entre K_{out_obs} e K_{in_obs} . O saldo de radiação (R_n_obs) foi obtido da soma das quatro componentes acima. A temperatura do ar (T_{air_obs}) foi medida com o sensor Termohigrômetro e a temperatura de superfície (LST_obs) foi obtida pelo sensor SI-111 da fabricante Apogee, posicionados na altura de 2 metros.

Os produtos de satélite utilizados neste trabalho são provenientes de dados coletados a partir do sensor MODIS, obtidos da United States Geological Survey (USGS) (Sioux Falls, SD, USA, www.lpdaac.usgs.gov/dataaccess/datapool). Foram utilizados os seguintes produtos da versão 6: MOD09GA, MOD11A1, MOD07_L2 e MOD06_L2. O produto MOD09GA fornece valores de reflectância para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 em uma composição de uma imagem por dia, e resolução espacial de 250 metros. Os índices SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), LAI (Índice de Área Foliar), NDVI (Índice de Vegetação Diferencial Normalizado) e albedo ($albedo_sat$) foram estimados utilizando as bandas do sensor MODIS, descritas acima, conforme Allen et al. (2002). O produto MOD07_L2 fornece dados da temperatura do ar (T_{air_sat}) no nível de 1000 hPa e resolução espacial de 5 km. O produto MOD11A1 fornece a temperatura da superfície (LST) com uma imagem por dia e resolução espacial de 1 km.

O Modelo SEBAL (Bastiaanssen, 1995) foi utilizado para a estimativa das componentes do saldo de radiação (K_{in_sat} , K_{out_sat} , L_{in_sat} e L_{out_sat}) e do saldo de radiação (R_n_sat). Este modelo utiliza as bandas e produtos de satélite descritos acima. As etapas para execução do algoritmo SEBAL estão descritas com detalhes em Allen et al. (2002).

O MOD06_L2 fornece a fração de nebulosidade (FN) na hora de passagem do satélite no local do estudo. O produto MOD06_L2 possui resolução espacial de 1 km. As imagens usadas abrangem a área h13v12 do satélite. Neste trabalho analisamos apenas dias sem nuvens no horário de passagem do satélite, ou seja, a FN é igual a zero. Durante o período analisado ocorreram 39 dias sem nuvens. No entanto, devido à falha de dados *in situ*, apenas 31 dias foram utilizados para a comparação.

A análise das componentes principais (ACP) é uma técnica multivariada de modelagem da estrutura de covariância. A ACP foi inicialmente descrita por Pearson (1901) e uma descrição de métodos computacionais práticos veio muito mais tarde com Hotelling (1933, 1936) que usou com o propósito determinado de analisar as estruturas de correlação. O R mede o grau de correlação linear entre duas variáveis e varia de $-1 < R < 1$. Para $R = 1$ e/ou $R = -1$ a correlação entre duas variáveis é perfeita, o sinal negativo indica que uma variável aumenta enquanto que a outra diminui. Para $R = 0$ as variáveis não dependem linearmente uma da outra. Valores de $R < 0,3$ a correlação é negligenciável, entre $0,3 < R < 0,5$ a correlação é baixa, entre $0,5 < R < 0,7$ a correlação moderada, entre $0,7 < R < 0,9$ possuem correlação alta e valores entre $0,9 < R < 1$ a correlação é muito alta (Mukaka, 2012). O pacote Matplotlib desenvolvido para o Python foi utilizado neste estudo para a análise das componentes principais das variáveis do saldo de radiação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta a correlação de Pearson entre as variáveis estudadas neste trabalho. Analisando a correlação entre as variáveis observadas os seguintes resultados foram obtidos. O Kin_obs apresentou correlação positiva alta com o Rn_obs e negativa e baixa entre Tair_sat e Lin_obs, mas o Lin_obs apresentou correlação positiva alta com a Tair_obs. Para a variável Kout_obs observou-se uma correlação positiva alta com albedo_obs, devido a estimativa do albedo_obs utilizar o Kout_obs como variável e representar as características da superfície. Além disso, Kout_obs não apresentou correlação com Lin_obs e Rn_obs. A Lout_obs mostrou correlação positiva alta com a LST_obs, devido a importância da LST_obs na estimativa do Lout_obs pela lei de Stefan-Boltzmann.

As correlações entre as estimativas do satélite/SEBAL mostram alta correlação entre a Kin_sat e o Rn_sat. Foi observada correlação positiva alta entre Lin_sat e a Tair_sat e entre Lout_sat e LST_sat, o que é esperado pois Tair_sat e LST_sat são variáveis de entrada fundamental no modelo SEBAL. O Kout_sat apresentou correlações positivas altas entre albedo_sat e LST_sat, componentes estas necessárias para estimativa pelo modelo SEBAL e obtidas através das bandas do satélite. As variáveis não apresentaram correlação negativa alta entre si.

Ao compararmos as variáveis estimadas pelo satélite/SEBAL com as observadas em superfície nota-se que a Tair_obs e Tair_sat apresentaram moderada correlação positiva, o que deve ser devido ao fato da dificuldade em se estimar a temperatura do ar utilizando SR. O principal problema está associado a resolução espacial do satélite ser relativamente baixa o que pode gerar inconsistência nas estimativas (Li et al., 2014). Outro problema pode estar ligado ao produto MOD07_L2, que estima a Tair_sat ao nível de 1000hPa (nível do mar) e os dados observados estão a nível de superfície. Quando comparamos Lin_obs com Tair_sat e LST_sat observamos que a correlação é maior entre Lin_obs e Tair_sat. No entanto, alguns estudos utilizaram a LST_sat para estimar a Lin_obs (Santos et al., 2011; Oliveira et al., 2013; Oliveira et al., 2014).

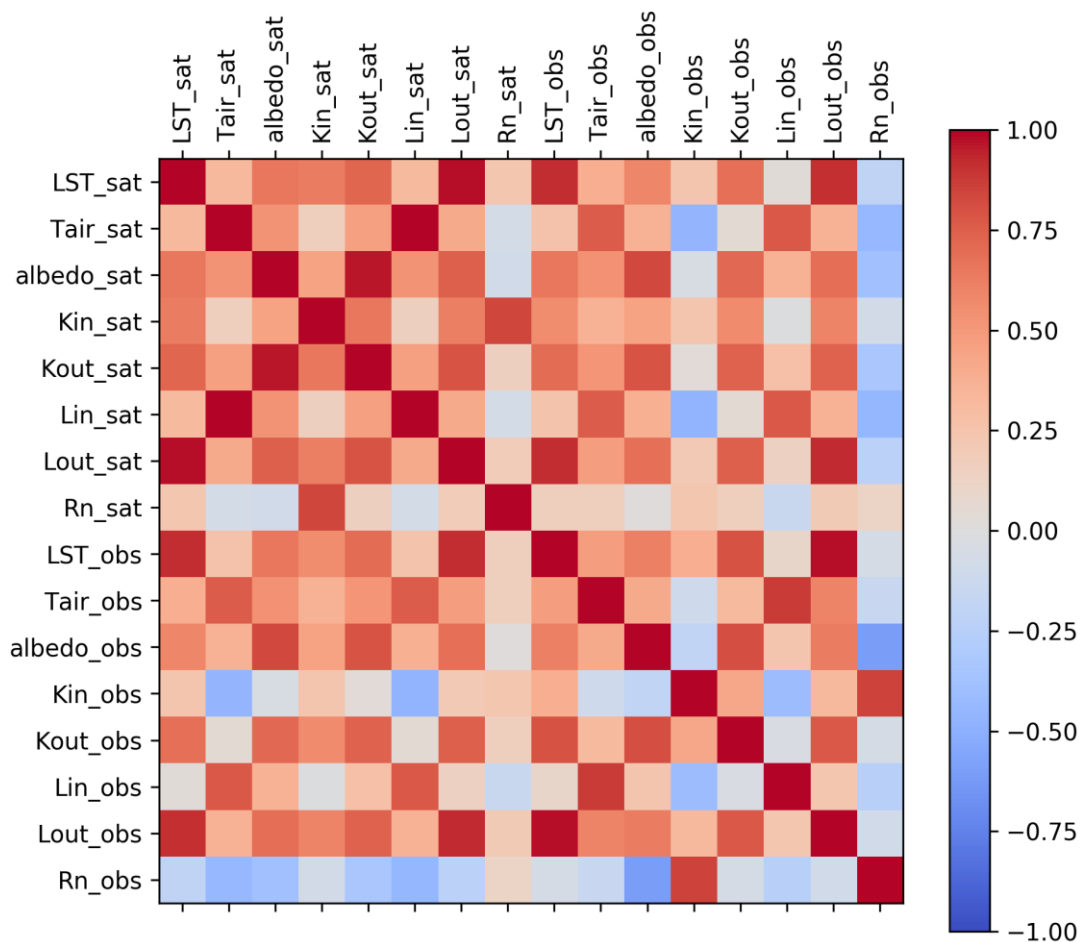


Figura 1: Correlação de Pearson entre as variáveis estudadas. Em vermelho escuro significa que há alta correlação positiva, enquanto o azul mais escuro significa que há uma alta correlação negativa.

As componentes do Rn mostraram correlação positiva quando comparadas entre modelo SEBAL e superfície. O Rn_obs e o Rn_sat não apresentam correlação significativa, o que não é esperado, pois as componentes tiveram uma correlação maior.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com a ACP foi possível analisar a maior correlação entre a Tair_sat para estimar o Lin_sat, uma vez que estudos utilizaram a LST_sat. Mesmo devido a dificuldade em estimar a temperatura do ar utilizando SR, houve correlação positiva entre Tair_sat e a Tair_obs.

De modo geral, o modelo SEBAL mostrou-se adequado para estimativa das componentes do Rn obtendo correlações positivas entre as componentes observadas e estimadas. No entanto, o Rn_obs e o Rn_sat não apresentam correlação significativa. Assim sugere-se uma investigação mais profunda da estimativa do Rn pelo modelo SEBAL, pois Rn é uma variável importante em modelos climáticos e de previsão do tempo e fundamental para partição de energia do modelo SEBAL.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem as agências financiadoras brasileiras: CNPq, FAPERGS e CAPES, em especial ao projeto CAPES 88881.148662/2017-01 e à rede SULFLUX pela disponibilidade dos dados.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) Advanced Training and User's Manual-Idaho Implementation. Idaho University: Moscow, ID, USA, 2002; **Idaho University**: Moscow, ID, USA; 1-98.

BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: a remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates. 1995. Tese (Doutorado), 1995.

BASTIAANSEN, W. G. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, n. 1-4, p. 198–212, 1998. ISSN 00221694.

HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal Educational Psychology**, Cambridge, v.24, p.498-520, 1933.

HOTELLING, H. Simplified calculation of principal components. **Psychometrika**, Williamsburg, v.1, p.27-35, 1936.

Li, T.; Zheng, X.; Dai, Y.; Yang, C.; Chen, Z.; Zhang, S.; Wu, G.; Wang, Z.; Huang, C.; Shen, Y.; Liao, R. Mapping near-surface air temperature, pressure, relative humidity and wind speed over Mainland China with high spatiotemporal resolution. **Adv. Atmos. Sci.** 2014, *31*, 1127–1135.

OLIVEIRA, G. d.; MORAES, E. C.; RUDORFF, B. F. T. Balanço de radiação em áreas de expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo com uso de dados orbitais MO-DIS/AQUA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66/3, p. 419–431, 2014.

SAMANI, Zohrab et al. Estimating daily net radiation over vegetation canopy through remote sensing and climatic data. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 133, n. 4, p. 291-297, 2007.

SANTOS, B. B. d. S. T. V. R. R. P. S. A. O. M. C. A. C. d. Downward longwave radiation estimates for clear-sky conditions over northeast Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 3, p. 443–450, 9 2011. ISSN 0102-7786. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862011000300010&lng=en&tlng=en>.

INFLUÊNCIA DO COMPONENTE ARBÓREO NA INTERCEPTAÇÃO DE RADIAÇÃO EM SISTEMA SILVIPASTORIL

Nilson Aparecido Vieira Junior¹; Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva¹; Juliano Mantellatto Rosa¹; Letícia Gonçalves Gasparotto¹; Fábio Ricardo Marin¹
Autor para correspondência: nilsonvieirajunior@usp.br

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP)

RESUMO

Sistemas de integração silvipastoris são eficientes alternativas para aumentar a produção animal, aumentando o conforto térmico e favorecendo o ganho de peso. Em contrapartida, a inserção do componente arbóreo altera a incidência de radiação solar sobre o sistema, em que altos níveis de sombreamento podem ser prejudiciais ao desenvolvimento da pastagem. Deste modo, o objetivo do presente estudo é avaliar a influência do componente arbóreo na incidência de radiação fotossinteticamente ativa, produção de matéria seca da pastagem e comportamento ingestivo animal em um sistema silvipastoril. O experimento foi em uma área de integração silvipastoril de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*) com capim-tifton (*Cynodon spp*). A radiação fotossinteticamente ativa foi mensurada em cinco distâncias perpendiculares aos renques, partindo de um renque ao outro. Foram coletadas 5 amostras da pastagem em três tratamentos, abaixo da copa das árvores, no meio dos renques e a pleno sol para determinar a produção de matéria seca. Avaliou-se o comportamento ingestivo animal de 15 vacas da raça Holandesa em um dia do inverno e outro do verão. Verificou-se alterações na incidência de radiação fotossinteticamente ativa ao longo do ano, devido a posição e declinação do sol, e entre as distâncias devido a interceptação da copa das árvores. O sombreamento moderado não influenciou negativamente a produção de matéria de seca da forragem. Além disso, as árvores serviram como proteção para os animais que preferiram realizar suas atividades sob a sombra projetada nos períodos mais quentes do dia.

PALAVRAS-CHAVE: pecuária-floresta; radiação fotossinteticamente ativa; sombreamento

INFLUENCE OF TREE COMPONENT IN THE INTERCEPTION OF RADIATION IN SILVOPASTORAL SYSTEM

ABSTRACT

Silvopastoral systems are efficient alternatives to increase animal production, improve thermal comfort and favoring weight gain. In contrast, the addition of the tree component changes the incidence of solar radiation on the system, where high levels of shading can be harmful to pasture development. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of the tree component on the incidence of photosynthetically active radiation, pasture dry matter production and animal ingestion behavior in a silvopastoral system. The experiment was carried out in a silvopastoral area of Eucalyptus (*Eucalyptus grandis*) with tifton grass (*Cynodon spp*). The photosynthetically active radiation was measured at five distances perpendicular to the tree lines. Five samples of the pasture were collected in three treatments, below the tree canopy, in the middle of the rows and in full sun to determine the dry matter production. The animal ingestion behavior of 15 cows was evaluated in one winter and one summer day. Changes in the incidence of photosynthetically active radiation throughout the year were observed, due to the position and declination of the sun, and between distances due to interception of the tree canopy. Moderate shading did not negatively influence forage dry matter production. In addition, the trees protected the animals that chosen to do their activities under the shade projected in the hottest periods of the day.

KEY-WORDS: forest-livestock; photosynthetically active radiation; shade.

INTRODUÇÃO

A população global deverá chegar a 9,7 bilhões de habitantes até 2050 (U.N., 2017). Atualmente a pecuária brasileira extensiva é baseada predominantemente em pastos expostos a pleno sol, com área correspondente de 200 milhões de hectares (CEPAL, 2009; FAO, 2010). A pouca ou nenhuma preocupação com manejo e manutenção do pasto neste sistema tem provocado a degradação da pastagem e do solo. Estima-se que cerca de 85% da área de pastagem no território nacional encontra-se em algum estágio de degradação (IBGE, 2006).

Nesse contexto, os sistemas silvipastoris, que integram espécies arbóreas associadas com a produção de animais em pasto, se mostram uma eficiente alternativa para recuperar áreas de pastagens degradadas. A inserção do componente arbóreo é favorável também ao conforto térmico animal, melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, que favorecem o crescimento e desenvolvimento da pastagem, tornando-a mais produtiva e auxiliando na sua manutenção ao longo dos anos (YOUNG, 1997; FEARNESIDE, 2001; DE FREITAS et al., 2011; GATTO et al., 2010).

Entretanto, a disponibilidade de radiação solar tem interferência direta das árvores, podendo influir sobre o desenvolvimento e crescimento da espécie forrageira. Algumas espécies de gramíneas são tolerantes ao sombreamento, dentre as mais utilizadas no Brasil para a formação de pastagens estão a *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, cultivares de *Panicum maximum* e *Cynodon spp.* Sendo o capim-tifton (*Cynodon spp.*) uma boa alternativa para a produção em sistema silvipastoril devido a sua fácil adaptação a diversas condições edafoclimáticas (CARVALHO et al., 2001).

Ainda assim, mesmo espécies tolerantes, sob elevado sombreamento essas espécies podem ter seu desenvolvimento comprometido; pois necessitam utilizar mecanismos que a conferem a tolerância ao sombreamento, com o intuito de maximizar a eficiência no uso da radiação solar no processo fotossintético. Para isso, demandam de modificações anatômicas, morfológicas e fisiológicas para interceptar maior quantidade de radiação, que podem afetar a qualidade e quantidade da forragem produzida (LAMBER et al., 1998; PACIULLO et al., 2007; PERI et al., 2007).

Além disso, as alterações microclimáticas geradas pela inserção do componente arbóreo tornam-se de grande importância quando se ressalta que animais em melhores condições de conforto térmico necessitam ficar menos tempo em pastejo e gastam menos energia na busca e ingestão da forragem. Observa-se também, que ocorre a escolha por áreas sombreadas nos sistemas silvipastoril para ruminância e descanso, mesmo para animais considerados tolerantes temperaturas elevadas, como os bovinos de corte de regiões de clima tropical (DOMICIANO et al., 2016). Consequentemente, isso reflete em melhor aproveitamento energético e redução do estresse por altas temperaturas. Deste modo, a energia que seria gasta com a regulação da temperatura corporal passa a ser utilizada para conversão do alimento em produto, carne ou leite, trazendo acréscimo a produtividade (CRUZ et al., 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente estudo é avaliar a influência do componente arbóreo na incidência de radiação fotossinteticamente ativa, produção de matéria seca da pastagem e comportamento ingestivo animal em um sistema silvipastoril.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada no município de Ibiporã – PR, latitude 23,16 S, longitude 51,01 W e altitude de 484m. Com classificação do

solo como Nitossolo Vermelho. O clima na região é Subtropical Úmido (Cfa), segundo a classificação climática de Köppen, com verões quentes e sem estação seca definida (IAPAR, 2009).

A área experimental é um sistema silvipastoril consolidado, implantado em 2011, composto pela integração entre eucalipto (*Eucalyptus grandis*) com Tifton 85 (*Cynodon spp.*), em renques de 30 m de comprimento e espaçamento de 30 m.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi mensurada por meio de um ceptômetro de barra de 1 m, com 80 sensores (Accupar Ip-80, Decagon), sendo coletados 5 pontos perpendiculares aos renques de eucaliptos e uniformemente espaçados, formando uma malha de 5 x 10, totalizando 50 leituras horárias (Figura 1).

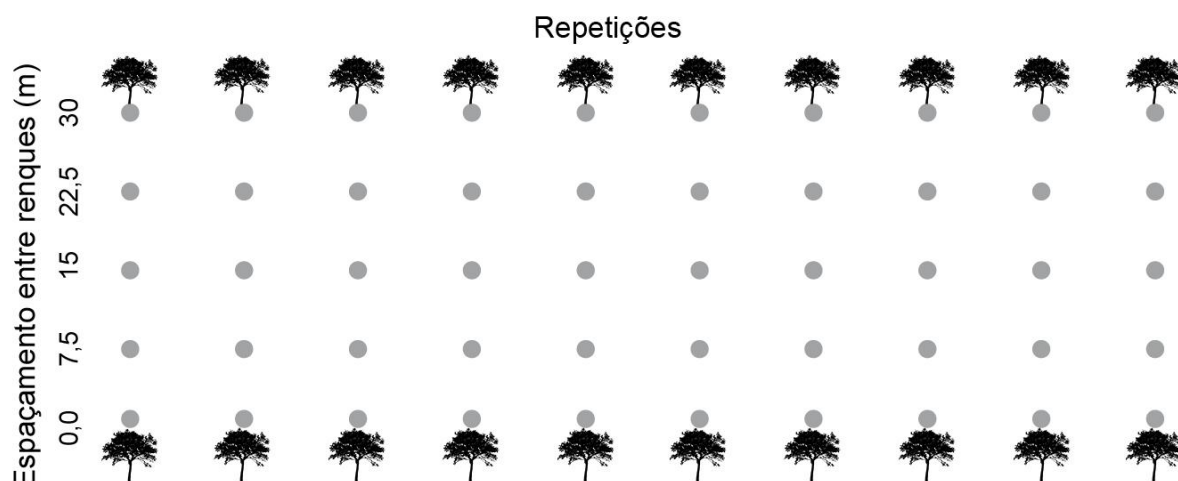


Figura 1. Mapa de coleta de dados de radiação fotossinteticamente ativa, perfazendo cinco distâncias com dez repetições cada.

Para fins comparativos foi realizada uma leitura a pleno sol após efetuadas as medidas na sombra. Essas análises foram realizadas mensalmente, escolhendo um dia sem núvens, com coletas horárias, das 08:00 às 17:00 horas. Foi utilizada a interpolação de pontos pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW) para visualização e identificação dos comportamentos das amostras ao decorrer de cada estação do ano. Foi medido o comprimento da sombra nas 10 repetições a cada hora ao longo do dia, utilizando uma trena.

Para determinação da produção de matéria seca por hectare as amostras foram pesadas logo após o corte, para quantificar a massa verde, e após a secagem para obter a massa seca. Os resultados foram submetidos a análise de variância e comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade

A análise do comportamento ingestivo animal foi realizada com base na observação de 15 fêmeas da raça Holandesa, com cerca de 40 meses de idade. Seguindo a metodologia proposta por Jamieson e Hodgson (1979), avaliou-se o tempo de pastejo, ruminação, ócio e deslocamento, assim como a preferência dos animais em realizar estas atividades sob a sombra do renque de árvores ou no sol. Foram feitas anotações a cada 10 minutos, entre o período das 08:00 às 17:00 h, sendo realizada uma análise no inverno e outra no verão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O componente arbóreo influenciou diretamente na incidência de radiação dentro do sistema, sendo constatado diferenças na porcentagem de radiação interceptada entre as estações do ano avaliadas e ao longo do dia. Verifica-se que no inverno as árvores interceptaram, em média, mais de 50% da radiação incidente em todas as distâncias analisadas. Os maiores valores foram observados mais próximo a copa das árvores, com interceptação média de 61% da PAR na distância de 0 m e 67% em 30 m, em relação ao pasto a pleno sol.

No verão os valores médios de interceptação da PAR nas distâncias mais centrais dos renques de árvores não superaram 30%. Registrou-se o menor percentual de interceptação na distância de 15 m. Enquanto que, a interceptação média feita pela copa das árvores foi de 72% nas distâncias de 0 e 30 m, sendo superior a observada no inverno (Tabela 1).

Tabela 1. Interceptação média da radiação fotossinteticamente ativa (%) incidente sobre sistema silvipastoril, em diferentes estações do ano e distâncias no espaçamento entre renques, na cidade de Ibiporã-PR, 2017/2018.

Estações	Distâncias (m)				
	0,0	7,5	15	22,5	30
	%	%	%	%	%
Inverno	61	54	56	60	67
Verão	72	30	17	27	72

Segundo Paciullo et al. (2007) forrageiras tropicas toleram até 35% de sombreamento sem que seu crescimento e desenvolvimento seja prejudicado. Assim, constata-se que no inverno o sombreamento ultrapassou o limite tolerado em todas as distâncias entre renques analisadas. Nessa estação o crescimento da pastagem já é reduzido por outros fatores como, baixas temperaturas, menor disponibilidade hídrica e ocorrência de geadas. Para que o componente arbóreo não se torne mais um fator limitante é indicado a adoção de práticas de manejo que compensem o efeito da alta porcentagem de interceptação da radiação solar.

O desbaste e desrama da copa das árvores podem ser alternativas eficientes para aumentar a incidência de radiação dentro do sistema proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da pastagem (PACIULLO et al., 2007; NICODEMO et al., 2016). Outro ponto a ser considerado é que forrageiras submetidas ao sombreamento translocam suas reservas e priorizam o crescimento da parte aérea, especificamente folhas, em busca de captar mais radiação solar (VARELLA, 2002; BARRO, 2007). Com base nesse aspecto fisiológico o manejo do pastejo deve ser feito de modo que as reservas da forragem não se esgotem e permitam o rebrote. Para isso estratégias podem ser tomadas quanto ao manejo dos animais no inverno, como a redução da taxa de lotação, entrada dos animais no piquete no momento em que a forragem esteja com o máximo acúmulo de reservas, menor tempo de permanência em cada piquete e maior altura de resíduo.

A presença de árvores também provocou diferentes condições de sombreamento sob a pastagem ao longo do dia. A Figura 2 mostra a projeção da sombra em relação ao renque de árvores no período das 08:00 as 17:00 horas, em um dia de análise para cada estação estudada. Os renques de árvores foram plantados na orientação Norte-Sul, de modo que a trajetória do sol incidiu perpendicularmente aos renques, projetando sombra na face Oeste durante a manhã e no Leste no período da tarde.

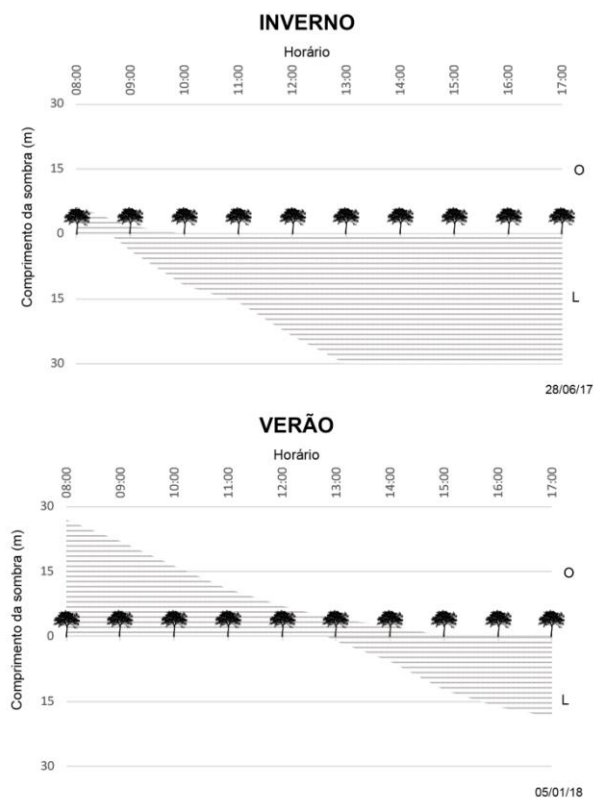


Figura 2. Projeção de sombra de renque de eucalipto em sistema silvipastoril em diferentes estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.

Verificou-se que no inverno a declinação solar voltada para o Norte influenciou na maior projeção da sombra. O sol passou a linha de árvores logo pela manhã, havendo projeção de sombra para o lado Leste antes das 9:00 horas. A cobertura do espaçamento entre renques ocorreu mais rápido em relação ao verão, aproximadamente às 13:00 horas. No verão constatou-se efeito contrário, em que nas primeiras horas da manhã praticamente todo o espaçamento entre renques estava sombreado. A projeção da sombra ocorreu na face Oeste até por volta das 13:00 horas, quando o sol passou a linha de árvores e começou a projetar a sombra na face Leste. No período da tarde a cobertura da sombra foi menor, aproximadamente 15 m às 17:00 horas.

No inverno as sombras das primeiras horas da manhã foram mais curtas e porosas em relação ao verão, devido ao menor índice foliar das árvores. O menor sombreamento e maior disponibilidade de PAR segure que o índice de área foliar do componente arbóreo tende a ser maior no verão. Isso acarretou em maior interceptação da radiação solar nas distâncias mais próximas ao renque de árvores e refletiu em sombras mais densas. Em contrapartida, a elevação do sol é maior, tornando as sombras menos alongadas (PORFÍRIO DA SILVA, 2010).

A sombra projetada pelas árvores altera o balanço de radiação dos animais, protegendo-os contra a incidência de radiação solar direta, sem alterar a temperatura e umidade do ar (BARBOSA et al., 2004). Sendo assim, constatou-se que no verão a proteção dos animais pela projeção de sombra foi pequena. Entre 11:00 às 14:00 horas, período de maior incidência de radiação solar, as sombras ficaram em torno de 7 m. Isso reduziu a área disponível para os animais se refugiarem dos danos causados pela alta temperatura e incidência direta de radiação, o que pode aumentar o nível de estresse e reduzir o conforto térmico animal, e consequentemente ganhos produtivos.

Como consequência da projeção da sombra das árvores a disponibilidade de PAR dentro do sistema foi diferente ao longo do dia e entre as estações do ano estudadas. Ao comparar a quantidade de PAR incidente às 12:00 horas em cada estação constatou-se que no inverno houve menor quantidade de radiação incidente (Figura 3). Observa-se duas áreas com menor valor de PAR, uma maior voltada para face leste e uma menor volta para oeste. No verão verificou-se que as áreas mais próximas aos renques de árvores apresentaram menor quantidade de radiação incidente, formando pequenas faixas, enquanto que toda a área central valores mais elevados.

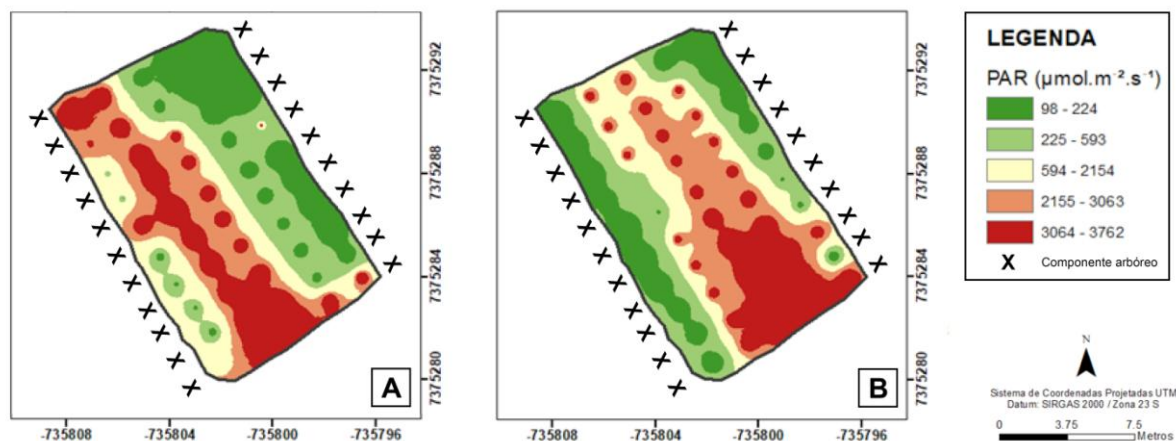


Figura 3. Incidência de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) às 12:00 horas para um dia de coleta em diferentes estações do ano (A –Inverno e B – Verão), em Ibiporã-PR, 2017/2018.

No verão, além de haver maior disponibilidade de radiação, a disposição dos renques de árvores propiciou menor sombreamento no período mais quentes do dia, fato que até certo ponto pode ser favorável para o processo fotossintético da espécie forrageira, refletindo em maior produção e crescimento mais acelerado. Por sua vez, o maior sombreamento constatado no inverno aliado a menor quantidade de PAR incidente pode dificultar o desenvolvimento da pastagem.

Espécies forrageiras, mesmo tolerantes, podem ter seu desenvolvimento comprometido quando submetidas ao sombreamento excessivo. Isso ocorre pois necessitam utilizar mecanismos que conferem a elas tolerância ao sombreamento, com o intuito de maximizar a eficiência no uso da radiação solar no processo fotossintético. Para isso, demandam de modificações anatômicas, morfológicas e fisiológicas para interceptar maior quantidade de radiação, como por exemplo a produção de área foliar, que podem afetar a qualidade e quantidade da forragem produzida (LAMBER et al., 1998; PACIULLO et al., 2007; PERI et al., 2007).

Deste modo, constatou-se que a produção de matéria seca foi superior no inverno no tratamento a Pleno Sol, seguido do tratamento SP Sol e por último SP Sombra. No verão os valores de produção de matéria seca em Pleno Sol não diferiram estatisticamente de SP Sol, porém foram superiores ao SP Sombra. Isso indica que o sombreamento causado pelas árvores não prejudicou o crescimento e desenvolvimento da pastagem (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de médias (Teste Tukey a 5% de probabilidade) para a produção de matéria seca (Prod MS) no sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra) e pasto a pleno sol (Pleno Sol), em diferentes estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.

Treatmento	Prod MS (kg.ha ⁻¹)
Inverno	
Pleno Sol	3296,0 a
SP Sol	2368,0 b
SP Sombra	1312,0 c
Verão	
Pleno Sol	5384,0 a
SP Sol	4320,0 ab

O sombreamento excessivo mais próximo as árvores acarretou em quedas significativas na produção de matéria seca, em relação ao pasto a pleno sol, nas duas estações estudadas. Enquanto que, a menor interceptação de radiação nas distâncias mais centrais do renque de árvores permitiu o bom desenvolvimento da pastagem. Assim, no tratamento SP Sol a produção de matéria seca no sistema silvipastoril foi similar ao pasto conduzido a pleno sol, ambos estando em níveis aceitáveis para a produção animal. Segundo Paciullo et al. (2009), sistemas silvipastoris que oferecem sombreamento moderado para a espécie forrageira não reduzem a capacidade de suporte de pasto e o desempenho animal, podendo até proteger a pastagem de danos por frio ou calor, causados por temperaturas extremas.

O comportamento dos animais também é altamente influenciado pela incidência de radiação no sistema, em que condições de desconforto térmico podem alterar os hábitos alimentares e reduzir o potencial produtivo. A Figura 4 mostra o comportamento ingestivo animal, no período das 08:00 às 17:00 h, em dois dias de análise para épocas distintas do ano.

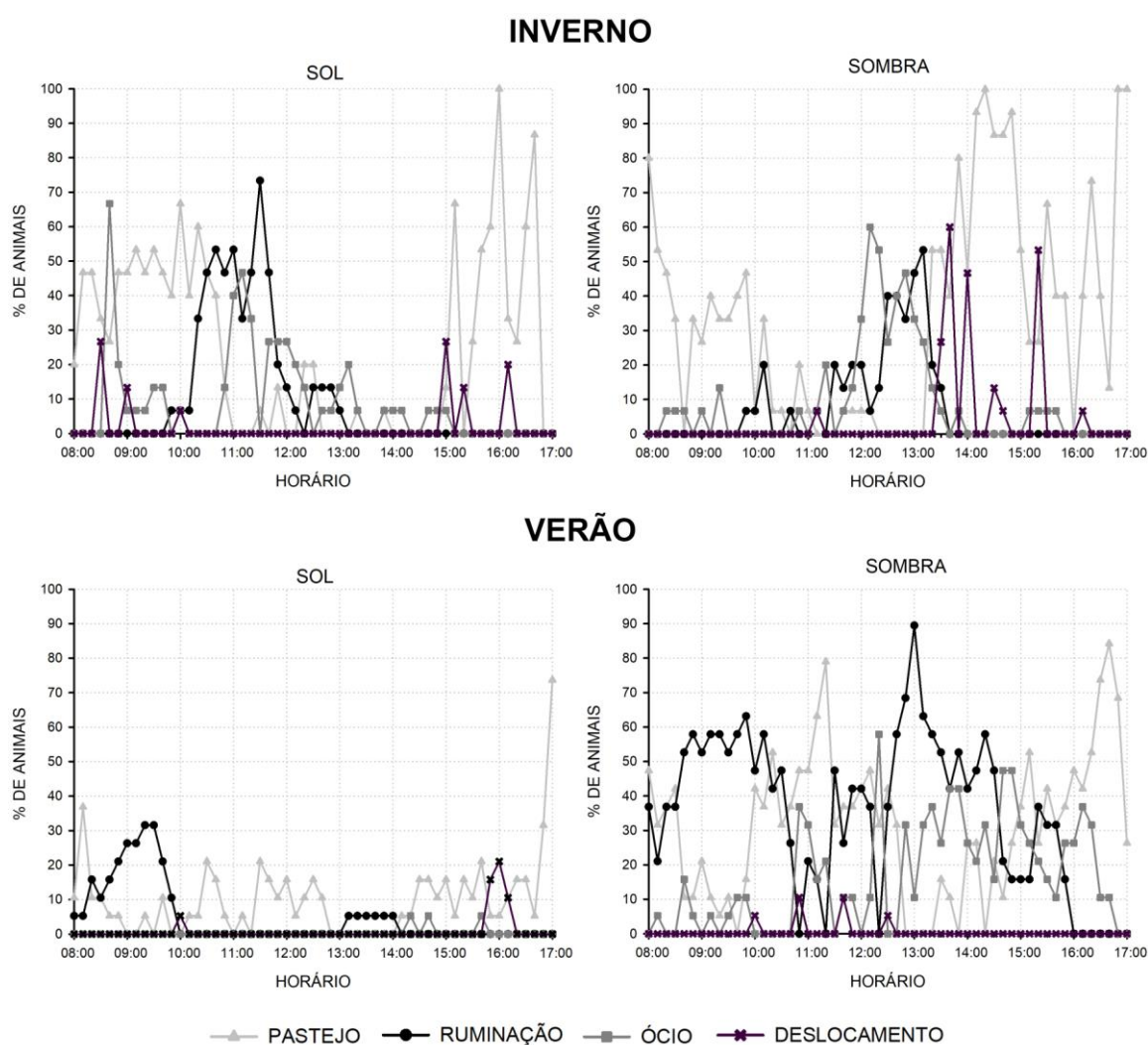


Figura 4. Comportamento Ingestivo Animal em áreas de sombra e sol em sistema silvipastoril no período das 08:00 às 17:00 horas, em diferentes estações do ano na cidade de Ibiporã- PR, 2017.

No inverno a busca dos animais pela proteção da sombra das árvores foi menor, devido as temperaturas mais amenas do inverno. Verificou-se que, somente após às 12 horas, os animais refugiaram-se sob a sombra das árvores e tornaram-se indiferentes a essa proteção após as 14:30 horas, quando a temperatura começou a diminuir. Desse modo, o pastejo ficou concentrado no período da manhã, até 11 horas, e no fim da tarde, após as 15 horas. O processo de ruminação concentrou-se no período mais quente do dia, das 11 horas às 15 horas, em que os animais buscaram proteção contra altas temperaturas sob a sombra. Estudos realizados por Penning et al. (1991), Brâncio (2003) e Bremm (2008), mostraram resultados semelhantes aos encontrados,

em que o tempo de pastejo dos animais foi de 6,8 a 11,3 horas, com preferência por realizar esta atividade durante o dia. Observaram que a maior parte do pastejo ocorreu cerca de 4 horas antes do pôr-do-sol, no período das 14 às 17 horas e também no início da manhã, sob temperaturas mais amenas.

No verão a temperatura média do ar variou de 21°C a 30°C e verificou-se que os animais buscaram a proteção oferecida pela sombra das árvores desde as primeiras horas do dia, com 70% dos animais sob a sombra em quase todo o período de análise. Notou-se que os animais alternaram entre as atividades de pastejo e ruminção ao longo de todo o dia, sem haver um período característico com todos animais na mesma atividade. Costa et al. (2015), observaram maior consumo da espécie forrageira ao longo do dia no período mais quente do ano em relação ao mais frio. Os animais buscavam durante o dia suas fontes de alimento para suprir suas necessidades nutricionais, deixando o processo de ruminção para o período noturno. A presença das árvores facilitou a atividade de pastejo por diversas horas do dia, garantindo maior conforto térmico. A disponibilidade de sombra influenciou no comportamento animal e favoreceu o pastejo ao longo do dia. Isso pode melhorar as condições fisiológicas dos animais, ao reduzir a incidência direta de radiação sobre os animais e refletir em aumento do desempenho produtivo (PASTAL et al., 2015).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A inserção do componente arbóreo interferiu diretamente na incidência da radiação fotossintética, havendo variações atribuídas a declinação solar e formação das copas das árvores. Evidencia-se que o sombreamento moderado não influenciou negativamente produção de matéria seca da pastagem. Além disso, pode fornecer aos animais proteção contra a incidência de radiação solar, que procuraram a sombra das árvores nas horas mais quentes do dia, principalmente no verão.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), processo 2018/15355-2, pela bolsa de Doutorado e reserva técnica concedidas. Ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP pela infraestrutura para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S., RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.1, p.115-122, 2004

BARRO, R. S. Rendimento de forragem e valor nutritivo de forrageiras de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. 2007. 130 p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BRÂNCIO, P. A.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum Jacq.* Sob pastejo: comportamento ingestivo de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1045-1046, 2003.

BREMM, C.; ROCHA, M. G.; FREITAS, F. K.; MACARI, S.; ELEJALDE, D. A. G.; ROSO, D. Comportamento ingestivo de novilhas de corte submetidas a estratégias de suplementação em pastagens de aveia e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1161- 1167, 2008.

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais Piracicaba: SBZ**, v.1, p. 853-871, 2001.

CEPAL; FAO; IICA. **Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe**. San José, 2009.

COSTA, J. V.; OLIVEIRA, M. E.; MOURA, R. M. A.; COSTA JÚNIOR, M. J. N.; RODRIGUES M. M. Comportamento em pastejo e ingestivo de caprinos em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.46, n.4, p.865-872, 2015.

CRUZ, L. V.; ANGRIMANI, D. S. R.; RUI, B. R.; SILVA, M. A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n.6, v.16, 2011.

DE FREITAS, C. A.; GOULART, D. D.; ALVES, F.D. O processo de arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul: uma alternativa para seu desenvolvimento sócio-econômico. Disponível em: < www.fee.rs.gov.br/sitefee/download/eeg/1/mesa_11freitas_goulart_alves.pdf, 2011.> (Acesso em junho de 2019).

DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; CARVALHO, P.; SILVA, M. N. F.; PEREIRA, D. H., CABRAL, L. S.; PEDREIRA, B. C. Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. **Animal Production Science**, v.58, p.920-929, 2016.

FAO. Food and Agriculture Organization. Review of Evidence on Drylands Pastoral Systems and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptation. **Roma**, 2010

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p. 23-38, 2001.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoque de carbono no solo em biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p.1069-1079, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa pecuária municipal. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> (Acessado em junho de 2019).

JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. The effect of variation in sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves and lambs under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v.34, n.4, p.273-281, 1979.

LAMBER, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. Plant physiological ecology. New York: **Springer**, p. 540, 1998.

NICODEMO, M.L.F.; CASTIGLIONI, P.P.; PEZZOPANE, J.R.M.; THOLON, P.,

CARPANEZZI, A.A. Reducing competition in agroforestry by pruning native trees. **Revista Arvore**, v. 40, p.509–518, 2016

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F; MALAQUIAS JR, J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; DE CARVALHO, C. A. B.; AROIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PASTAL, D.; CRISTO, A. B.; FUJISAWA, F. M.; MAIER, G. S.; GUIRRO, E. C. B. P. Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto - revisão de literatura. **Veterinária em Foco**, Canoas, v. 12, n. 2, p. 92-100, 2015.

PENNING, P. D.; PARSONS, A. J.; ORR, R. J.; TEACHER, T. T. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. **Grass and Forage Science**. Hurley, v.46, p.15-28, 1991.

PERI, P. L.; LUCAS, R. J.; MOOT, D. J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactyloctenium aegyptium* growing under different light regimes. Netherlands, **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v.70, p.63-79, 2007.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. Colombo: **Embrapa Florestas**, p.48, 2010.

UNITED NATIONS. Probabilistic population projections based on the world population prospects: the 2012 **ST/ESA/SER.A/353**. revision. 2017. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/Files/WPP2012_HIGHLIGHTS.pdf>. (Acesso em junho de 2019).

VARELLA, A. C.; SAIBRO, J. C. Uso de bovinos e ovinos como agentes de controle da vegetação nativa sob três populações de eucalipto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 30-34, 1999.

YOUNG, Anthony et al. **Agroforestry for soil management**. CAB international, 1997.

TEMPO DE DEFASAGEM ENTRE A PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS

Ana Cristina Xavier de Carvalho¹; Luciana Sanches¹
Autor para correspondência: anaxavier01@hotmail.com

¹PGFA/Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO

A biomassa presente nos ecossistemas florestais contribui para o funcionamento e manutenção dos mesmos, sendo de grande importância seu estudo. Este trabalho teve como objetivo geral analisar a influência das variáveis micrometeorológicas sobre a produção de serrapilheira por meio do tempo de defasagem, em área de *Vochysia divergens* Pohl no norte do Pantanal Mato-Grossense, para isso, a metodologia utilizada foi a submissão dos dados ao teste de correlação de Spearman para avaliar o grau relação entre as variáveis. Como resultado houve um tempo de defasagem entre a produção de serrapilheira e todas as variáveis micrometeorológicas avaliadas sendo que a produção de serrapilheira foi mais influenciada pela temperatura do ar e pela precipitação acumulada tempos depois.

PALAVRAS-CHAVE: Bioma; Clima; Sazonal

TIME OF DEFASION BETWEEN SERRAPILHEIRA PRODUCTION AND MICROMETEOROLOGICAL VARIABLES

ABSTRACT

The biomass present in the forest ecosystems contributes to the operation and maintenance of the same, being of great importance its study. The objective of this work was to analyze the influence of micrometeorological variables on litter production through the time of lag in the *Vochysia divergens* Pohl area in the northern Pantanal of Mato Grosso, for which the methodology used was to submit the data to the Spearman correlation test to assess the degree relationship between variables. As a result, there was a lag time between litter production and all the micrometeorological variables evaluated, with litter production being more influenced by air temperature and accumulated rainfall afterwards.

KEY-WORDS: Biome; Climate; Seasonal

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais negativos causados pela ação do homem afetam o meio ambiente, refletindo no funcionamento natural dos ecossistemas, processos este tão necessários para sua manutenção e desenvolvimento. Mudanças causadas pelas ações do homem levaram a inúmeros desequilíbrios ecológicos, como queimadas, o desmatamento, a produção de lenha e carvão vegetal, que favorecem o processo de degradação dos ecossistemas naturais, largamente estabelecidos em solos de baixa fertilidade (SOUTO, 2006).

Dentro desse cenário destaca-se a serrapilheira que representa toda camada orgânica formada de materiais como folhas, flores, galhos, frutos que caem da própria vegetação sobre o solo e que sofre interações de fatores ambientais, tal como o clima, a geografia do ambiente, precipitação, disponibilidade hídrica, entre outros fatores, além, de várias espécies de vegetação do ambiente (GODINHO et al., 2014).

Nesse contexto, o conhecimento sobre a produtividade e processo de ciclagem de nutrientes que a serrapilheira desempenha dentro dos ecossistemas, é de grande importância para a sua manutenção pois permite melhores práticas de conservação e manejo, além de recuperação de florestas fragmentadas (SCHUMACHER, Mauro Valdir et al., 2018). Ressalta se ainda estudos que comprovam que o funcionamento e manutenção dos ecossistemas florestais é de fato dependente da função ecológica que a serrapilheira desempenha no contexto de sua dinâmica (ALVES, et al, 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo geral analisar a influência das variáveis micrometeorológicas sobre a produção de serrapilheira por meio do tempo de defasagem em área de *Vochysia divergens* Pohl no Norte do Pantanal Mato-Grossense, no ano 2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de janeiro a dezembro de 2012 em uma floresta com dominância da espécie *Vochysia divergens* Pohl localizada no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica do Serviço Social do Comércio (SESC) – região norte do Pantanal, no município de Poconé, Mato Grosso.

Para isso, foram utilizados coletores metálicos de 1 m² de área por 1 m altura, com malha de nylon para a coleta mensal da serrapilheira delimitados em cinco transectos (classificados em A, B, C, D e E) com 50 m de comprimento e 80 m de distância entre si, contendo 11 pontos cada um, totalizando 55 demarcações.

As amostras de serrapilheira foram recolhidas mensalmente e levadas a laboratório posteriormente foram separadas entre frações (folhas, frutos, sementes, miscelânea, galhos) e levadas para secagem em estufa a 70 °C por 72 horas e submetidas a pesagem em balança digital. Entre janeiro a dezembro de 2012, foram feitas medidas nas estações meteorológicas de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação acumulada diária (mm d-). O déficit de pressão de vapor (DPV) foi calculado a partir dos valores de temperatura do ar, utilizados para determinar a pressão de saturação de vapor d'água no ar, como proposto por Tetens. (1930).

A área de estudo caracteriza se por apresentar vegetação com espécies com maior abundância relativa, sendo a *V. divergens* (33%), *Licania parvifolia* (17%) e *Mouriri elliptica* (15%) (SILVA, 2013). De modo geral, a altura das árvores é de porte variado entre 10-20 m de altura, contendo aproximadamente 14 espécies lenhosas entre 13 famílias e diâmetro superior a 20 cm, o tronco na altura de 1,3 m com diâmetro médio de 28,36 cm para espécies lenhosas, densidade média 839,98 indivíduos/ha, área basal média de 66,16 m²/ha. Além disso, De acordo com classificação climática de Köppen, o clima da região é tropical úmido do tipo Aw. A média de temperatura do ar anual oscila entre 22 °C e 32 °C (HOFMANN et al., 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com Relação a correlação entre a produção de serrapilheira e variáveis micrometeorológicas, a produção de serrapilheira teve correlação negativa com a temperatura do ar do mês corrente até o mês 2, indicando que com o aumento da temperatura houve uma diminuição na produção de serrapilheira, e positivamente correlacionada nos últimos 6 a 8 meses subsequente, sendo o mês 7 considerado o melhor tempo de

defasagem, ou seja, correlação forte. Esses meses corresponde ao período de seca, sendo esta época propícia de maior produção.

A temperatura do ar é um dos fatores ambientais mais importante que influencia esse processo de variação de deposição e decomposição da serrapilheira, no espaço e no tempo, pois reflete sua evolução e dinâmica (SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES,2014). Outros trabalhos realizados na mesma região por Marques et al. (2017) descrevem maior produção de serrapilheira no período de seca, onde foram avaliados os meses de junho a novembro.

A correlação entre a produção de serrapilheira e a precipitação acumulada mensal foi negativa do mês corrente até o mês 3, demonstrando que com o aumento da precipitação acumulada houve uma diminuição na produção de serrapilheira, e positivamente correlacionada com a precipitação nos últimos 6 a 7 meses, ou seja, a resposta da serrapilheira a precipitação se deu tempos depois. Este estudo está em acordo com o mencionado por Bianchi et al. (2016) numa floresta estacional semidecidual que indicaram, como neste trabalho, que houve correlação positiva entre a serrapilheira e a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica, levando tempo para a resposta aos fatores climáticos.

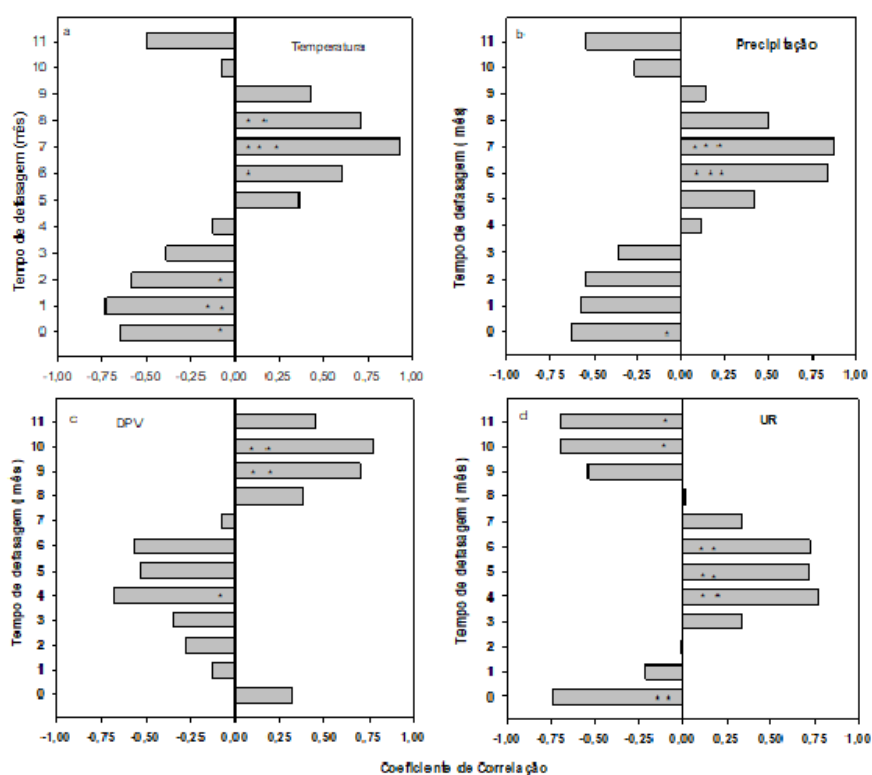


Figura 1

Figura 1: Coeficiente de correlação de Spearman entre produção de serrapilheira ($g\ m^{-2}$) e temperatura mensal do ar (%) (a), precipitação acumulada mensal (mm) (b) variação do déficit de pressão de vapor (kPa) (c) e umidade do ar (%) (d). *($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Houve tempo de defasagem entre a produção de serrapilheira e as variáveis micrometeorológicas analisadas sendo que a produção de serrapilheira foi mais influenciada pela temperatura do ar e pela precipitação no sétimo mês seguinte. O déficit de pressão de vapor teve maior influência sobre a produção de serrapilheira no nono e décimo mês seguinte e a umidade relativa do ar no quarto, quinto e sexto mês.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALVES, Allyson Rocha et al. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 413-420, 2017. <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1060>> .Acesso em 12 Jun. 2019.
- BLAGITZ, Marcela et al. Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil. **Embrapa Florestas**-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1047226>>. Acesso em: 12 jun.2019.
- GARLET, Claudinei et al. Ciclagem de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden: produção de serapilheira e devolução de macronutrientes no bioma Pampa. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 7, p. 05, 2019. <https://periodicos.ufsm.br/enflo/article/view/37057>>. Acesso em: 10 jun.2019
- GODINHO, Tiago Oliveira. et al. acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**. v.20, n.1, 2014. <<https://periodicos.ufsm.br/enflo/article/view/37057>>. Acesso em 10 jun. 2019.
- MARQUES, A. C. A., JUNIOR, O. B. P., e VOURLITIS, G. L. (2017). Avaliação de Produção de Serapilheira em Planície Inundável no Pantanal Mato-Grossense. Ensaios e Ciência: **Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, 21(3), 148-151. <<https://www.redalyc.org/pdf/260/26054727003.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- SCHUMACHER, Mauro Valdir et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma floresta estacional decidual na região central do rio grande do sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 532-541, 2018.< <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32036>>. Acesso em 05 jun. 2019.
- DA SILVA, Ludymilla Barboza . Relações entre Aporte de Serrapilheira, Nutrientes e Efluxo de Dióxido de Carbono em Floresta Inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense.2013, 70f, **tese** (Doutorado)- Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.
- SOUTO, Patrícia Carneiro et al. Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil. 2006. <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/8199>>. Acesso em:12 jun.2015.
- SCORIZA, R. N., E PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (2014). Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de Floresta Estacional em Sorocaba, SP. **Floresta**, 44(4), 687-696.< <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/34274>> .Acesso em: 05 Jun. 2019.
- VENDRAMI, Juliana Lopes et al. (2012). Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, 12(3), 136-143. <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1676-06032012000300016&script=sci_arttext>.Acesso em: 05 Jun. 2019.

PERFIL DE TEMPERATURA DO SOLO NO CENTRO DE ESTUDOS COSTEIROS MODESTO RODRIGUES

Mateus da Silva Rebelo¹; Robson Gabriel Freitas da Silva¹; Fabiany Cristiny Azevedo Franco¹; Barbara Farias Ribeiro¹; José de Paulo Rocha da Costa¹
Autor para correspondência: mateus.rebelo@ig.ufpa.br

¹Universidade Federal do Estado do Pará - UFPA

RESUMO

O estudo da temperatura do solo é uma das principais componentes para o estudo do microclima, pois apresenta influência nos processos físicos do solo e nas trocas de energia com a atmosfera. Podendo em ser até mais importante que a temperatura do ar para os processos que envolvem as plantas, pois ela atua diretamente na fase de germinação das sementes, no processo de crescimento das plantas e é do solo que as plantas tiram todos os nutrientes necessários para se desenvolver. O presente estudo teve como objetivo estudar e avaliar a variação horária da temperatura no perfil do solo nas profundidades 2, 5 e 10 cm em dois ambientes distintos, floresta secundária de capoeira (sombreado) e pomar de mangueiras (solo desnudo e vegetado). no período de 27/05 a 30/05/2019 a fim de entender a variabilidade horária ao longo do dia nos ambientes acima citados. Podemos observar que a temperatura no perfil do solo varia em função de sua profundidade de acordo com o tipo de cobertura vegetal do sol e pela sua ausência, solo desnudo. A temperatura do solo sem vegetação apresentou valores com maiores amplitudes ao longo do dia em relação ao solo coberto, as amplitudes variando de acordo com as profundidades analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: temperatuta; solo; condução

SOIL TEMPERATURE PROFILE IN THE COASTAL STUDY CENTER MODESTO RODRIGUES

ABSTRACT

The study of the soil temperature is one of the main components for the study of the microclimate, since it has influence on the physical processes of the soil and the exchange of energy with the atmosphere. It can be even more important than the air temperature for the processes that involve the plants, because it acts directly in the germination phase of the seeds, in the process of plant growth and it is from the soil that the plants take all the necessary nutrients to develop. The present study had as objective to study and evaluate the hourly temperature variation in the soil profile at depths 2, 5 and 10 cm in two distinct environments, secondary forest of capoeira (shaded) and orchard of mango trees (naked and vegetated soil). in the period from 05/27 to 05/30/2019 in order to understand the hourly variability throughout the day in the environments mentioned above. We can observe that the temperature in the soil profile varies according to its depth according to the type of vegetal cover of the sun and by its absence, only naked. The temperature of the soil without vegetation presented values ??with greater amplitudes throughout the day in relation to the covered soil, the amplitudes varying according to the analyzed depths.

KEY-WORDS: temperature; groud; driving

INTRODUÇÃO

A temperatura do solo é uma das componentes mais importantes no estudo do microclima, tendo grande influência nos processos físicos do solo e nas trocas de energia com a atmosfera. Devido à variação na temperatura ser resultante do fluxo de calor no solo, torna-se um componente necessário ao balanço de energia oriundo da superfície; sendo este, portanto, capaz de justificar o armazenamento e a transferência de calor dentro do solo e, ainda, as trocas entre o solo e a atmosfera (MOURA & QUERINO, 2010).

A temperatura do solo pode influenciar o crescimento e o desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, afetar três funções importantes no solo: a biológica, a química e a física, podendo controlar o poder produtivo, o desenvolvimento e a distribuição de plantas no solo (Mota, 1989). A temperatura do solo se torna mais importante que a temperatura do ar para as plantas, pois ela age diretamente na fase de germinação das sementes, no processo de crescimento das plantas e é do solo que as plantas tiram todos os nutrientes necessários para se desenvolver. A temperatura desfavorável no solo, na maioria das vezes, influencia mais a fotossíntese e a brotação do que o crescimento das raízes, ao contrário do que é esperado (BRADY; WEIL, 2013).

Os sistemas de manejo influenciam, também, a temperatura do solo (VEIGA et al., 2010). A superfície do solo, com ou sem cobertura vegetal, exerce importante função sobre sua temperatura, uma vez que a cobertura vegetal é responsável pela troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres (CARNEIRO et al., 2013). Percebemos nitidamente essa variação de temperatura entre um solo com e sem cobertura e o quanto a cobertura do solo funciona como proteção reduzindo a amplitude de temperatura e assim diminuindo a evaporação. A redução da quantidade de matéria orgânica e as modificações nos atributos físicos do solo, ocasionadas pelos sistemas de preparo, resultam em fluxo de calor do solo diferenciado, visto que o mesmo é altamente influenciado pela cobertura do solo (CUNHA et al., 2011; PEREIRA et al., 2011).

Ainda, os resíduos vegetais deixados na superfície do solo, em sistemas conservacionistas, servem como atenuadores da amplitude térmica, pois alteram o balanço de radiação devido à diferença no coeficiente de reflexão e, a conseqüente redução na taxa de aquecimento do solo e na oscilação da temperatura ao longo do tempo (SALTON, 1995; PEZZOPANE, 1996).

CARNEIRO (2014), ao determinar a temperatura do solo, com cobertura vegetal ou não, verificou que a umidade é de suma importância, pois a presença de água afeta o fluxo de calor no solo, ou seja, a presença de umidade no solo modifica a amplitude de temperatura ao nível de superfície por ocasião da evaporação. A umidade do solo possui elevado grau de variabilidade no espaço e no tempo, controlada por fatores como: tempo, textura do solo, vegetação e topografia (SANTOS et al., 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse estudo é avaliar a variação horária da temperatura no perfil do solo nas profundidades 2, 5 e 10 cm em dois ambientes distintos, floresta secundária de capoeira (sombreado) e pomar de mangueiras (solo desnudo e vegetado), no período de 27/05 a 30/05/2019 a fim de entender a variabilidade horária ao longo do dia nos ambientes acima citados.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na área experimental do Centro de Estudos Costeiros Modesto Rodrigues da Universidade Federal do Pará (Lat. 0°39'55" S e Lon. 47°17'7" O), localizado na vila de Cuiarana pertencente ao município de Salinópolis – Pará.

Segundo a normal climatológica do município de Salinópolis do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) nos mostra uma temperatura máxima do ar anual de 31°C e temperatura mínima do ar anual de 22°C, umidade relativa do ar de 84% e pluviosidade anual de 2450 mm.

Figura 1: Localização do campo de estudos.

O estudo foi realizado no pomar de exploração comercial de manga rosa (cv. Tommy Atkins) plantada em fileiras no sentido Leste-Oeste com espaçamento de 10 m entre fileiras e 10 m entre plantas (Figura 2, imagem aérea, e figura 3, parte interior do pomar).

Figura 2: Imagem aérea do local de estudo.

Figura 3: Área de Pomar.

Os geotermômetros são termômetros que utilizam o mercúrio como elemento sensível para medir a temperatura do solo e, por isso possuem um vidro reforçado, os mesmos foram instalados no ambiente de pomar e floresta secundária de capoeira nos níveis de 2, 5 e 10 cm abaixo do solo e, no ar, 10 cm acima do solo, sendo que no ambiente de pomar havia dois tipos diferentes de cobertura, uma desnuda e outra com uma vegetação rasteira natural do local. O período experimental foi compreendido entre os dias 27/05 a 30/05/2019 com início às 18 horas local e término as 17 horas local, respectivamente, onde foram obtidos dados horários.

Figura 4: Geotermômetros no ambiente de pomar e nos dois diferentes tipos de cobertura.

Figura 5: Geotermômetros no ambiente de floresta secundária de capoeira.

Com os valores obtidos durante os três dias (27/05 a 30/05), foram organizados na base horaria e processados na plataforma Microsoft Excel para análise e confecção de gráficos, de tal forma, que foi possível demonstrar a variabilidade horária da temperatura nos ambientes anteriormente citadas, tornando possível evidenciar as diferentes respostas segundo a alteração das características da superfície do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos da temperatura do solo nos ambientes de floresta secundária de capoeira (sombreado) e pomar de mangueiras (solo desnudo e vegetado) obtivemos gráficos da temperatura do solo nas profundidades de 2, 5 e 10 cm. Nos gráficos abaixo mostraremos a variação da temperatura do solo subdividindo-os pelas profundidades, nesse caso, de 2, 5 e 10 cm, respectivamente, e média da temperatura do solo nos dois ambientes citados.

- **Variação Horária da Temperatura do Solo em 2, 5 e 10 cm.**

Gráfico 1: Variação Horária da Temperatura do solo a 2 cm de Profundidade.

O gráfico acima representa a variação horária da temperatura no solo na profundidade de 2 cm. Conforme expresso pelo gráfico, a partir das 6 horas da manhã com o advento do nascer do sol, ocorre o aquecimento diferencial da superfície, nesse caso, elevando a temperatura do solo pelo processo de condução e a partir das 18h, com o pôr-do-sol, podemos observar que a temperatura do solo decai pelo processo de emissão da temperatura. De acordo com o gráfico, o solo sem vegetação apresenta valores mais elevados de temperatura do que o solo vegetado e o solo sombreado, pois o solo sem vegetação converte toda a energia solar

disponível em calor sensível, enquanto que os outros locais convertem sua energia disponível tanto em calor sensível quanto calor latente de vaporização, por isso que no horário de 6h as 17h da noite o solo sem vegetação apresenta maiores valores de temperatura. O solo vegetado, em contrapartida ao solo sem vegetação, apresenta maiores de temperatura a partir das 18h da tarde, em função do fato que o solo está emitindo a energia disponível do solo para superfície, então superfícies com vegetação possuem a capacidade de reter radiação apresentando menores amplitudes térmicas, enquanto que superfícies sem vegetação emitem radiação com a mesma intensidade que absorvem, logo, apresentam maiores amplitudes térmicas. O solo sombreado apresenta uma densa cobertura vegetal, tanto na sua superfície quanto acima, pois apresenta árvores de grande desenvolvimento vertical(mangueiras), proporciona ao local condições para que sua temperatura tenha pequenas variações na temperatura.

Gráfico 2: Variação Horária da Temperatura do solo a 5 cm de Profundidade.

O gráfico acima representa a temperatura do solo a 5 cm de profundidade, conforme abordado no gráfico anterior, a temperatura do solo sem vegetação apresenta valores elevados de 6h as 17h, contudo, a partir das 18h sua temperatura diminui decorrente da sua falta de cobertura vegetal, então apresenta maiores amplitudes térmicas. O solo vegetado apresenta valores maiores de temperatura após o pôr-do-sol, em função do fato de que a cobertura vegetação colabora para com a mitigação da emissão de temperatura do solo, apresentando amplitudes térmicas menores do que o solo sem vegetação. O solo sombreado através da sua densa cobertura vegetal, tanto na sua superfície quanto acima, pois apresenta árvores de grande desenvolvimento vertical(mangueiras), proporciona ao local condições para que sua temperatura tenha pequenas variações na temperatura.

Gráfico 3: Variação Horária da Temperatura do solo a 10 cm de Profundidade.

No gráfico acima podemos observar a variação da temperatura do solo na profundidade de 10 cm. O gráfico 3 também podemos observar que o solo sem vegetação apresenta maiores valores de temperatura a partir do nascer do sol, o solo sem vegetação apresenta maiores valores a partir do pôr-do-sol e o solo sombreado apresenta uma variação bem pequena de temperatura. Outra informação que podemos obter do gráfico é o fato de que o processo de transmissão de calor da atmosfera para o solo é a condução, onde o calor é transportado de molécula para molécula, tornando-o um processo lento tanto para obter calor quando para emití-lo. Por isso podemos observar a amplitude térmica do solo vegetado e do solo sombreado possuem amplitudes térmicas menores a 10 cm abaixo do solo.

- **Média Da Temperatura do Solo nos Ambientes de Floresta Secundária de Capoeira (Sombreado) e Pomar de Mangueiras (Solo Desnudo e Vegetado)**

Nos gráficos abaixo podemos observar que nos ambientes de floresta secundária de capoeira (sombreado) e pomar de mangueiras (solo desnudo e vegetado) o processo de transmissão de calor do solo é o de condução, caracterizando-se como um processo lento de transmissão de calor, logo, podemos observar que a temperatura do solo de 2 cm e 5 cm apresentam valores maiores que a 10 cm do solo no horário de a de 6h as 17h, contudo o comportamento inverso é apresentando de 18h as 5h, em função do processo de condução de calor.

Gráfico 4: Média horária da temperatura do solo nos ambientes de floresta secundária de capoeira (sombreado) e pomar de mangueiras (solo desnudo e vegetado).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A temperatura no perfil do solo varia em função da profundidade e de acordo com a cobertura vegetal do solo, na condição de ausência de cobertura, a temperatura do solo sem vegetação apresentou valores com maiores amplitudes ao longo do dia em relação ao solo coberto, as amplitudes variando de acordo com as profundidades analisadas. Durante o dia, decorrente ao aquecimento diferencial da superfície, as profundidades de 2 e 5 cm apresentam valores de temperatura maiores do que a profundidade de 10 cm, enquanto a noite observa-se comportamento inverso nos valores de temperatura.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Livro

PORFILHO, Maria Francisca. **Direito ambiental na prática**. Porto Alegre: Novolhar, 2004. Disponível em: <<http://www.novolhar.org.br/eLibris/porfilho1.html>>. Acesso em: 7 jan. 2017.

Capítulo de livro

MAGALHÃES, Roberto Ávila. História do streaming na internet. In: SANTOS, Miriam Gomes. **Música online: debates e inquietações**. São Paulo: Bits & Sounds, 2015. p. 192-213. Disponível em: <<http://book.google.com/bits/streaming/2357.php>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

Artigo em revista acadêmica

HOGSMITH, Bernard Casper. O parlamentarismo como alternativa de governo em repúblicas. **Revista do Governo**, Brasília, DF, ano 17, n. 68, out./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/revista/parlamentarismo.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

Reportagem de jornal com autoria

SAMPAIO, Jane. Novas tecnologias no combate ao câncer. **Jornal da Medicina**, Belo Horizonte, ano 12, n. 28, ago. 2008. Disponível em: <<http://www.jornamed.com.br/novas-tecnologias.html>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

Reportagem de jornal sem autoria


QUADRILHA que roubava carros é desbaratada em Porto Velho. **Rondonia Hoje**, Porto Velho, 27 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.rondoniahoje.com.br/abril/27/quadrilha-roubava-carros.html>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

Homepage institucional

UNIVERSIDADE LIVRE DO BRASIL (UNILIBRA). **Graduação em Engenharia de Produção**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://unilibra.br/graduacao/eng-prod.htm>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

Artigo em site institucional

SOCIEDADE BRASILEIRA ANTIBULLYING. **Tipos de bullying**. São Paulo, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.sbab.org.br/tipos>>. Acesso em: 20 maio 2017.

	27 e 30 de novembro de 2018 Página de
---	--

REVISITING THE CROP COEFFICIENT–REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION PROCEDURE FOR IMPROVING IRRIGATION MANAGEMENT

Fábio R. Marin¹; Luiz R. Angelocci¹; Daniel S. P. Nassif¹; Murilo S. Vianna¹; Felipe G. Pilau¹
Autor para correspondência: fabio.marin@usp.br

¹ESALQ-USP

RESUMO

The consumptive use of water by irrigated crops is typically quantified using the crop coefficient–reference evapotranspiration (Kc–ETo) procedure, yet recent results showed that Kc might change with ETo, in response to high atmospheric demand. It is not known if the reduced Kc at high ETo applies to other crops with different aerodynamic features of the canopies. This paper seeks to provide the Kc values for soybean, wheat and potato, and propose an adaptation to the Kc–ETo procedure, hypothesising that the inverse relation between Kc and ETo would be general for all types of crops. Our results showed average Kc values of 0.90, 1.18 and 1.28, respectively, for soybean, wheat and potato cropping systems in the Brazilian cropping systems. However, Kc decreased as ETo increased, for all crops considered in this study, because of the increase of internal plant resistances to vapour diffusion from the leaves to the atmosphere. When ETo was above $>4 \text{ mm d}^{-1}$, the water use by such crops was lower than that prescribed by Allen et al. (1998). The time-based Kc curves in Allen et al. (1998) are inappropriate for the studied crops under high demanding conditions and, besides the considerations suggested by Allen et al. (1998) (i.e., crop development stage, presence or absence of weeds), Kc recommendations for practical irrigation management should be based on the average ETo values of the previous days of the irrigation procedure.

PALAVRAS-CHAVE: canopy resistance; crop coefficient; FAO-56

REVISITING THE CROP COEFFICIENT–REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION PROCEDURE FOR IMPROVING IRRIGATION MANAGEMENT

ABSTRACT

The consumptive use of water by irrigated crops is typically quantified using the crop coefficient–reference evapotranspiration (Kc–ETo) procedure, yet recent results showed that Kc might change with ETo, in response to high atmospheric demand. It is not known if the reduced Kc at high ETo applies to other crops with different aerodynamic features of the canopies. This paper seeks to provide the Kc values for soybean, wheat and potato, and propose an adaptation to the Kc–ETo procedure, hypothesising that the inverse relation between Kc and ETo would be general for all types of crops. Our results showed average Kc values of 0.90, 1.18 and 1.28, respectively, for soybean, wheat and potato cropping systems in the Brazilian cropping systems. However, Kc decreased as ETo increased, for all crops considered in this study, because of the increase of internal plant resistances to vapour diffusion from the leaves to the atmosphere. When ETo was above $>4 \text{ mm d}^{-1}$, the water use by such crops was lower than that prescribed by Allen et al. (1998). The time-based Kc curves in Allen et al. (1998) are inappropriate for the studied crops under high demanding conditions and, besides the considerations suggested by Allen et al. (1998) (i.e., crop development stage, presence or absence of weeds), Kc recommendations for practical irrigation management should be based on the average ETo values of the previous days of the irrigation procedure.

KEY-WORDS: canopy resistance; crop coefficient; FAO-56

INTRODUÇÃO

Irrigation is a useful practice to reduce yield losses in many regions around the world with insufficient precipitation and low soil-holding capacity (Jagtap and Jones 1989). Over the next decades, irrigated agriculture is expected to be affected by climate change while it must also be expanded to feed the world's growing population (Döll 2002).

A common procedure for estimating the irrigation requirements of a well-watered agricultural crop, denoted as the crop evapotranspiration (E_{Tc}), is to first estimate the reference evapotranspiration (E_{To}) from a standard surface and then apply an appropriate empirical crop coefficient (K_c) (Allen et al. 1989). Thus, K_c is applied to correct E_{To} for local soil, plant, climate and management factors not accounted for in the estimation of E_{To} . Allen (2000) also suggested a list of K_c values for 126 agricultural crops, which led to the adoption of the Penman–Monteith method as a universal procedure for scheduling and quantifying irrigation, with further developments made by Allen and Pereira (2009).

With the aim to respond to the rapid increase in the irrigation use in Brazil, we conducted several studies (Marin et al. 2005, Marin & Angelocci 2011; Nassif et al. 2014; Marin et al. 2016; Sobenko et al. 2018) to provide K_c values for different Brazilian cropping systems, by following the approach proposed by Allen et al. (1998). Those papers showed that besides the well-known crop variables influencing K_c (e.g., canopy architecture, crop phenology, the fraction of soil covered), the average E_{To} values of the previous days of the irrigation procedure should also be considered, for more accurate prescriptions. The justification of this claim was based on the evidence of an inverse relationship between E_{To} and K_c in high evaporative demand environments, which would imply an overestimation of crop water requirements in such conditions.

OBJETIVOS DO TRABALHO

In the present paper, we conducted new experiments for soybean, wheat and potato, and combined the findings with data for coffee breake, citrus, sugarcane and maize, to establish a robust database of K_c values for crops with different canopy architectures, phenology and root systems. This paper intends to (i) provide K_c values for soybean, wheat and potato, measured in well-designed experiments for Brazilian cropping systems, and (ii) propose an adaptation to the K_c – E_{To} procedure, hypothesising that the inverse association between K_c and E_{To} would be general for all crops, irrespective of the aerodynamic features of the canopies or any other crop attribute.

MATERIAIS E MÉTODOS

Six crop databases from eleven field experiments were established at the College of Agriculture “Luiz de Queiroz” (ESALQ) of the University of São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo State, Brazil (latitude 22°42'S; longitude 47°30'W; 546 m above sea level [asl]). The crops included were coffee breake, citrus (two periods in the same year), sugarcane (four seasons), maize (two seasons), soybean (two seasons), potato (one season) and wheat (one season). One experiment with potato was also conducted at Terra Viva Farm, Vargem Grande do Sul, São Paulo State, Brazil (latitude 21°51'S; longitude 46°59'W; 720 m asl). The climate of these two experimental sites is characterised as Cwa (high-altitude tropical climate) (Köppen 1931), with rainy summers and dry winters. One soybean experiment was also conducted at the Embrapa Soybean Research Station, Londrina, Paraná State, Brazil (latitude 23°11'S, longitude 51°11'W, 597 m asl) where the climate is characterised as Cfa (humid subtropical climate).

For all experiments, daily reference grass evapotranspiration (E_{To}) values were estimated by the Penman–Monteith equation, as parameterised by Allen et al. (1998), using weather data sampled at 10-s intervals and averaged over 15-min time steps by a meteorological station located next to the experimental fields.

For all experiments, except for the citrus experiment, in which overall E_{Tc} was determined via the aerodynamic method (Thom et al. 1975), E_{Tc} was computed via the surface energy balance–Bowen ratio (β) method. Daily E_{Tc} was calculated via scanned data at 10-s intervals and averaged 15-min values were recorded via a data logger (Campbell Scientific, Inc.).

To determine the canopy–atmosphere coupling interaction, diurnal courses of leaf conductance to water vapour (g_S) (the inverse of leaf resistance, r_S) were determined along several days of each experiment, using porometers or an infra-red gas analyser (ADC Bioscientific Ltd., Hoddesdon, UK).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

The K_c values, given by the angular coefficient of the line forced to pass through the origin (Fig. 1), reasonably agreed with the reference values proposed by FAO-56 (Allen et al. 1998). For all of them, K_c decreased with increasing E_{To} values (Fig. 2), even though irrigation was well managed to ensure a high soil-water content during the entire crop cycles. The K_c notably decreased with increasing E_{To} values for corn, coffee breake and citrus (represented by the negative slope of the straight line). For sugarcane, wheat and soybean, K_c also decreased with increasing E_{To} values, albeit at lower rates than those observed for corn, coffee breake and citrus.

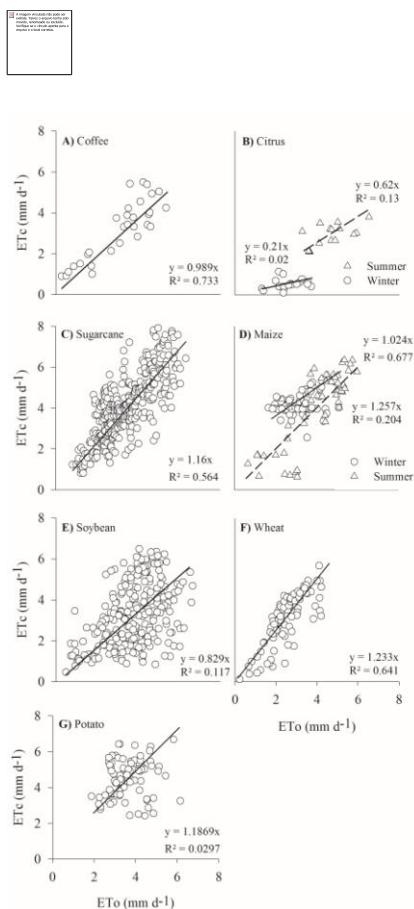


Figura 1

In general, omega values were low, indicating that the crop canopies were strongly coupled to the atmosphere. Exceptions were found for soybean and wheat, in which ω was comparatively higher than those for other crops, indicating a relative decoupling from the atmosphere; however, K_c values also decreased with increasing E_{To} values (Fig. 2d, e).

Denmead and Shaw (1962) state that even with high water content in the soil, and under high atmospheric water demand, the relationship between g_s and weather variables showed that maize canopies restrict water loss by closing their stomata as the atmospheric water demand increases. Such a response pattern was also supported by our experimental data, which showed crop g_s responding non-linearly to air temperature (T), vapour pressure deficit (VPD) and solar radiation (S_{rad}), and reached maximum values at optimum T , VPD and S_{rad} levels. Afterwards, g_s rapidly decreased after evapotranspiration rates reached critical values of around 4 mm d^{-1} (Marin et al. 2016). This evidence contrasts with the approach for bulk stomatal resistance parameterisation proposed by Allen et al. (1998), in which a fixed value ($\sim 70 \text{ s m}^{-1}$) is assumed, which is not affected by climate variables.

This inverse association between K_c and E_{To} represents an important aspect for irrigation management since major K_c reductions occur when E_{To} is higher than 4 mm d^{-1} , meaning a high atmosphere water demand from crops and natural water sources, which are usually under pressure because of high pumping rates. Also, under these conditions, energy costs are generally high and could be reduced by following our recommendations, without yield losses. Several papers (e.g., Allen et al. 2006; Allen and Pereira 2009; Allen et al. 2011) have analysed and suggested improvements on the procedures of FAO-56 (Allen et al. 1998) for estimating the E_{To} and K_c values. However, our paper shows that the K_c – E_{To} inverse relationship occurs in a wide range of species, irrespective of the canopy–atmosphere coupling level. Accepting this inverse association as a valid postulation for modifying the irrigation management in the tropical region of Brazil, it would imply an expressive reduction of water used for irrigation. The reasons are that E_{To} values often exceed 4 mm d^{-1} during the main growing season (October–March), and such high E_{To} values are commonly associated with dry periods when irrigation is required. However, the K_c values above 4 mm d^{-1} were always lower than those prescribed by Allen et al. (1998), suggesting that the time-based K_c curves in Allen et al. (1998) are inappropriate for the studied crops under tropical conditions, and K_c recommendations for practical irrigation management should be based on the average E_{To} values of the previous days of the irrigation management.

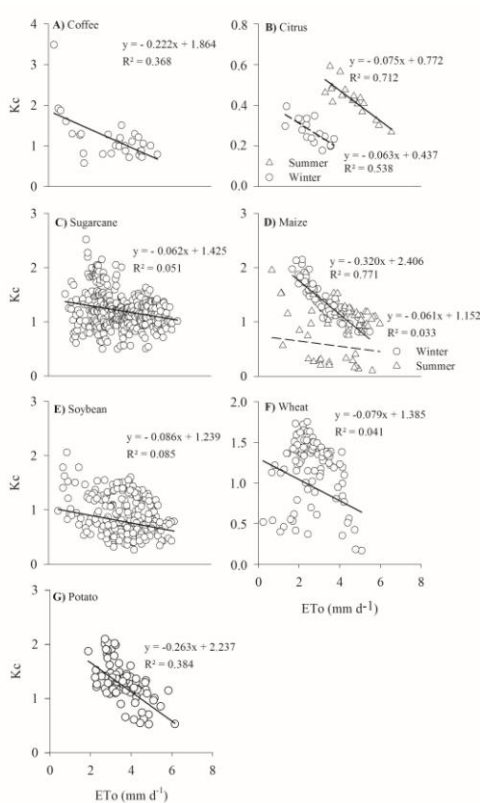


Figura 2

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Water use by the studied crops under high evaporative water demand ($>4 \text{ mm d}^{-1}$) was limited and exceeded grass E_{To} , only for low E_{To} values. It differs, however, in that it is the only one to use data for crops that were not strongly canopy-coupled to the atmosphere, suggesting that canopy coupling is not the cause for the observed relationship between E_{Tc} and E_{To} . Instead, our results suggest that in the tropical region analysed, the inverse relationship between K_c and E_{To} occurs independent of the crop and soil, even for canopy–atmosphere uncoupled crops.

Therefore, the K_c recommendations for practical irrigation management should be based on the average E_{To} values of the previous days, as suggested by Allen et al. (1998) (i.e., crop development stage, presence or absence of weeds), to save water and energy, and obtain high yields. Our results contribute to the

improvements in irrigation projects and management strategies, with potential benefits for farmers and the natural environment, by reducing the amounts of water and energy used for irrigation.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Allen RG (2000) Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. *J Hydrol.* 229(1–2):27–41. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00194-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00194-8)

Allen RG, Jensen ME, Wright JL, Burman RD (1989) Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy J.* 81(4):650–662. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100040019x>

Allen RG, Pereira LS (2009) Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. *Irrigation Sci.* 28:17–34. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0182-z>

Allen RG, Pereira LS, Howell TA, Jensen ME (2011) Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management* 98:899–920. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.015>

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy

Allen RG, Pruitt WO, Wright JL, Howell TA, Ventura F, Snyder R, Itenfisu D, Steduto P, Berengena J., Yrisarry JB, Smith M, Pereira LS, Raes D, Perrier A, Alves I, Walter I, Elliott R (2006) A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman–Monteith method. *Agricultural Water Manage.* 81(1–2): 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.03.007>

Angelocci LR, Marin FR, de Oliveira RF, Righi EZ (2004) Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. *Braz J Plant Physiol.* 16:53–64. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202004000100008>

Choudhury B (1983) Simulating the effects of weather variables and soil water potential on a corn canopy temperature. *Agric Meteorol.* 29:169–182. [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(83\)90064-X](https://doi.org/10.1016/0002-1571(83)90064-X)

Cohen S, Cohen Y (1983) Field studies of leaf conductance to environmental variables in citrus. *J Appl Ecol.* 20:561–570. <http://dx.doi.org/10.2307/2403526>

Denmead OT, Shaw RH (1962) Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron J.* 54:385–390. doi:10.2134/agronj1962.00021962005400050005x

Döll P (2002) Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Climatic Change* 54(3):269–293. <https://doi.org/10.1023/A:1016124032231>

Doorenbos J, Pruitt WO (1977) Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24 (rev.). FAO, Rome, Italy

Gao Y, Yang L, Shen X, Li X, Sun J, Duan A, Wu L (2014) Winter wheat with subsurface drip irrigation (SDI): Crop coefficients, water-use estimates, and effects of SDI on grain yield and water use efficiency. *Agric Water Manag.* 146:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.010>

Jagtap SS, Jones JW (1989) Stability of crop coefficients under different climate and irrigation management practices. *Irrig. Sci.* 10(3):231–244. <https://doi.org/10.1007/BF00257955>

Kjaersgaard JH, Plauborg F, Mollerup M, Petersen CT, Hansen S (2008) Crop coefficients for winter wheat in a sub-humid climate regime. *Agric Water Manag.* 95:918–924. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.03.004>

Köppen W (1931) *Grundriss der Klimakunde* [Outline of climate science]. Walter de Gruyter, Berlin

McNaughton KG, Jarvis PG (1983) Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. In: Koszłowski TT (ed) *Water deficits and plant growth*, Vol. 7. Academic Press, New York, pp 1–47

Perez PJ, Castellvi F, Ibañez M, Rosell JI (1999) Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agric For Meteorol.* 97(3):141–150. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00080-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00080-5)

Sobenko LR, Souza TT, Gonçalves AO, Bianchini VJM, Silva EHF, Souza LT, Marin FR (2018) Irrigation requirements are lower than those usually prescribed for a maize crop in Southern Brazil. *Exp Agric.* 2018:1–10. <https://doi.org/10.1017/S0014479718000339>

Suyker AE, Verma SB (2009) Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize–soybean cropping systems. *Agric For Meteorol.* 149(3–4):443–452. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.09.010>

Syvrtsen JP, Lloyd JJ (1994) Citrus. In: Schaffer B, Andersen PC (eds) *Handbook of environmental physiology of fruit crops: Sub-tropical and tropical Crops*, Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, pp 65–99

Thom AS, Stewart JB, Oliver HR, Gash JHC (1975) Comparison of aerodynamic and energy budget estimates of fluxes over a pine forest. *Quart J Royal Meteorol Soc.* 101(427):93–105. <https://doi.org/10.1002/qj.49710142708>

Turner NC (1968) Stomatal resistance to transpiration in three contrasting canopies. *Crop Sci.* 9(3):303–307. [doi:10.2135/cropsci1969.0011183X000900030015x](https://doi.org/10.2135/cropsci1969.0011183X000900030015x)

Voz J, Oyarzún PJ (1987) Photosynthesis and stomatal conductance of potato leaves—effects of leaf age, irradiance, and leaf water potential. *Photosynth Res.* 11:253–264. <https://doi.org/10.1007/BF00055065>

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MODELOS PARA O CÁLCULO DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA EM PETROLINA

Jéssica Rodrigues Delgado¹; Thomas Rocha Ferreira²; Bernardo Barbosa da Silva³
Autor para correspondência: jessicarodriguesdelgado@gmail.com

¹Discente de Mestrando na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba; ²Discente de Doutorando na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba; ³Professor e Orientador Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba

RESUMO

A radiação de onda longa emitida pela atmosfera ($R_{ol,atm}$) é de vital importância para inúmeras aplicações que exigem balanço de radiação e de energia. Portanto, testar modelos empíricos que melhor se ajustam e que fazem uso de variáveis comumente medidos é de grande valia. Sendo assim, objetivo deste trabalho é avaliar cinco diferentes modelos empíricos, quatro modelos proposto por Aubinet, 1994, e um modelo proposto por Gabathule et al., 2001, de estimativa do $R_{ol,atm}$ em diferentes condições de nebulosidade na cidade de Petrolina, Pernambuco, Brasil, usando o banco de dados do Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais, sendo feita uma média diário. Foram utilizados o coeficiente de correlação de Pearson (r), erro médio absoluto (EMA), raiz erro do quadrático médio (REQM), erro relativo médio (ERM), assim, poder avaliar o quanto os dados estimados se aproximam dos observados e que se observou foram os melhores modelos Aubinet 4 e Gabathule.

PALAVRAS-CHAVE: Irradiância de Onda Longa Atmosférica; Modelos Empíricos; Índice de claridade

EVALUATION OF DIFFERENT MODELS FOR THE CALCULATION OF LONG WAVE RADIATION IN PETROLINA

ABSTRACT

Long-wave radiation emitted by the atmosphere ($R_{ol,atm}$) is of vital importance for numerous applications that require radiation balance and energy balance. Testing empirical models that best fit and make use of commonly measured variables is of grid value. Therefore, the objective of this work is to evaluate five different empirical models, four models proposed by Aubinet, 1994, and a model proposed by Gabathule et al., 2001, for $R_{ol,atm}$ estimation in different cloud conditions in the city of Petrolina, Pernambuco, Brazil, using the database of the National System of Environmental Data, treated at a daily level. The Pearson correlation coefficient (r), Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Relative Error (MRE) were used to evaluate the approximate the best models Aubinet 4 and Gabathule.

KEY-WORDS: Atmospheric Long-wave Irradiance; Empirical Models; Clarity Index

INTRODUÇÃO

- A $R_{ol,atm}$, é de vital importância para inúmeras aplicações que exigem radiação de superfície e balanço energético, incluindo a estimativa da evapotranspiração, derretimento de neve e ocorrência de geada. Estações meteorológicas raramente incluem sensores de $R_{ol,atm}$, assim, as medições da $R_{ol,atm}$ geralmente não estão disponíveis para um determinado local e período de interesse. Por sua vez, os fluxos radiativos de superfície podem ser calculados com razoável precisão usando modelos complexos de transferência radiativa (FLERCHINGER et al., 2009). A $R_{ol,atm}$ é comumente estimada a partir de modelos que usam observações meteorológicas mais

prontamente disponíveis, como temperatura do ar ao nível da estação (T_a), umidade relativa (UR) e radiação global (R_g). Embora esses modelos mais simples possam ter maiores imprecisões em relação aos métodos mais complexos de transferência radiativa, esses métodos são necessários e são úteis para uma variedade de aplicações por profissionais não especialistas e aplicações de cunho disciplinar (FLERCHINGER et al., 2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo a caracterização e análise da $R_{ol,atm}$ no período de um ano na estação situada em Petrolina, bem como determinar o melhor modelo para cada condição de céu e em condições gerais do ano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de T_a , UR, R_g e $R_{ol,atm}$ foram obtidos pela plataforma do SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais) de minuto-minuto, a estação usada nesse trabalho situa-se no estado de Pernambuco, cidade de Petrolina, coordenadas 09° 04' 08" S, 40° 19' 11" O, em uma altitude de 387 m ao longo do ano de 2014. Os dados obtidos em UTC foram ajustados para o tempo solar médio local de acordo a longitude da estação. Foi calculado a radiação no topo da atmosfera diário e calculado a transmissividade atmosférica usando kt , razão entre a radiação global e da radiação no topo da atmosfera. Diferente das classes do kt sugerida por Duarte et al., 2006 foram adotadas diferentes classes sendo: <0,30 céu nublado com 8 dias, 0,30|0,45 parcialmente nublado com 81 dias, 0,45|0,60 moderadamente limpo com 130 dias e 0,60< céu limpo com 146 dias. Os modelos empíricos usado neste trabalho foram o proposto por Aubinet, 1994, usados também por Flerchinger et al., 2009 e o modelo de Gabathule et al., 2001, aplicados a equação de Stefan-Boltzmann, como demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1: Modelos usados para estimativa de $R_{ol,atm}$

Modelos aplicados a equação de Stefan-Boltzmann ($R_{ol,atm} = \epsilon \sigma T^4$)	
Aubinet 1	$T = (-29 + 1,09 T_a - 19,9 kt)$ <p style="text-align: right;">Eq. (93)</p>
Aubinet 2	$T = (154 + 17,7 \ln(e) - 9,93 kt)$ <p style="text-align: right;">Eq. (94)</p>
Aubinet 3	$T = (94 + 12,6 \ln(e) - 13 kt + 0,341 T_a)$ <p style="text-align: right;">Eq. (95)</p>
Aubinet 4	$\epsilon = (0,682 + 0,0352 \ln(e) + 0,133 \ln(1 - kt))$ <p style="text-align: right;">Eq. (96)</p> <p style="text-align: right;">; $T = T_a$</p>
Gabathule	$\epsilon = \left(\frac{0,84(UR-68)}{\sigma T_a^4} + \left(\frac{-21kt}{T_a} + 1 \right)^4 \right)$ <p style="text-align: right;">Eq. (97)</p> <p style="text-align: right;">; $T = T_a$</p>

σ a constante de Stefan-Boltzmann, que é igual a $5,6697 \times 10^{-8}$ ($Wm^{-2}K^{-4}$).

As métricas estatísticas usadas são: coeficiente de correlação de Pearson (r), erro médio absoluto (EMA) (Wm^{-2}), raiz erro do quadrático médio (REQM) (Wm^{-2}), erro relativo médio (ERM) (%), usados por Silva et al., 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é possível observar os ajustes e a coerência das variáveis na literatura, sendo ela a afirmativa de que $R_{ol,atm}$ e kt são inversamente proporcionais bem destacado na entre Agosto e setembro na Figura 2 que mostra $R_{ol,atm}$ Obs e kt , e que na Figura 2 que demonstra os valores baixos de e e UR indicam uma atmosfera mais seca, área sombreada, indicando que em períodos secos tem-se valores menores de $R_{ol,atm}$ e maiores de kt . A relação entre a $R_{ol,atm}$ e a T_a são fortes tomando pelo comportamento similar entre essas variáveis, o que é amplamente aceito, a área sombreada é a mesma que a radiação solar. Já na Radiação solar onde mostra R_o , radiação no topo da atmosfera e R_g , caracteriza bem a distribuição da radiação ao longo do ano de 2014 e o movimento aparente do sol, mostrando assim, a cavidade sombreada a menor quantidade de energia que chega no topo da atmosfera e conseqüentemente em superfície.

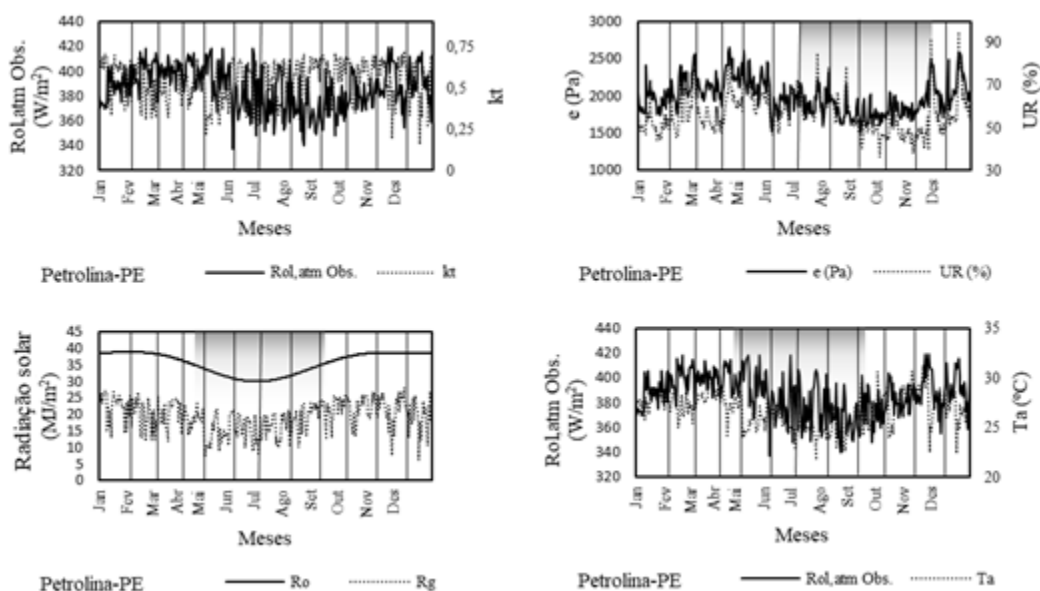


Figura 2: Gráficos da caracterização temporal das variáveis em estudo no ano de 2014 para a estação de Petrolina -PE.

A Figura 3 a) é usando dados diários do ano de 2014 separados por modelos, Aubinet (1), Aubinet (2), Aubinet (3), Aubinet (4) e Gabathule, em cada modelo tem-se as quatro condições de céu para dados diários, nublado (linhas diagonais), parcialmente nublado (linhas vagonadas), moderadamente limpo (linhas tracejadas verticalmente) e céu limpo (pontilhado), cada condições de céu é formado por grupos de erros, o erro absoluto médio (EAM) no eixo primário (W/m^2), erro relativo médio (ERM) no eixo secundário dado em porcentagem (%), a raiz do erro quadrático médio (REQM) no eixo primário (W/m^2). Os sombreamentos sobre as condições de céu indicam os grupos de erro que tiveram menores valores de EAM, ERM e REQM entre os modelos, sendo eles Aubinet 4 para condição de céu Nublado e Limpo e Gabathule para Parcialmente Nublado e Moderadamente Limpo os melhores modelos para essas condições Aubinet 2 o pior modelo para toas as condições.

Na Figura 2 b) são reunidas todos os dias de condições de céu para gerar o coeficiente de correlação de Pearson (r), mostrando o grau de dispersão e o ajuste linear da regreção para a reta de 1:1. Em Aubinet 1 percebe-se um bom ajuste da reta porém a segunda maior dispersão dos pontos dos sendo o segundo pior modelo. Já em Aubinet 2 da Figura 2 b) é nítida a falta de ajuste da reta de regreção bem como a dispersão

dos dados, tendo o pior resultado do valor de r , em Aubinet 3 é o que apresenta o melhor valor de correlação, porém não se ajusta tão bem sua reta de regressão a reta de 1:1 indicando que mesmo dando um valor melhor de correlação o modelo subestima os valores majoritariamente. Em Aubinet 4 o valor de correlação é de pequena diferença de Aubinet 3 e seu ajuste é melhor. Gabathule é o terceiro modelo com o melhor valor de correção e também de um bom ajuste da reta de regressão.

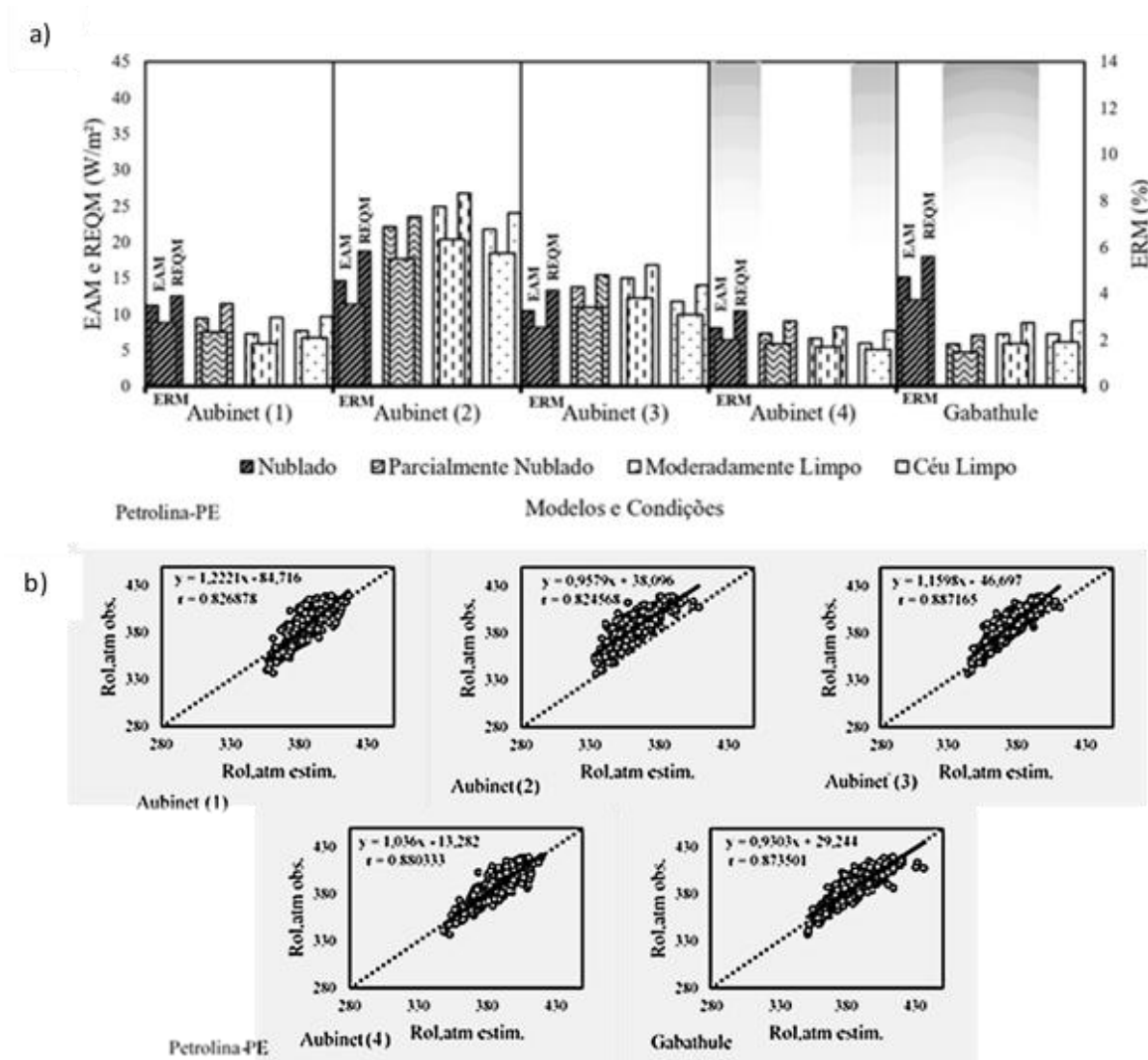


Figura 3: a) Gráfico de EAM, ERM e REQm dos dados diários de 2014 separado por condições de céu; b) Gráficos de dispersão diários de Rol,atm obs. (Radiação de onda longa atmosférica observado) e Rol,atm estim (Radiação de onda longa atmosférica estimada por modelos) da estação de Petrolina – PE com altitude de 387m.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O comportamento das variáveis Rol,atm, e, UR e Ta concordam entre si sobre o períodos mais secos e com menos incidência de Rol,atm e com kt elevado sendo assim um forte indicativo de dias com baixa nebulosidades nos períodos de julho a dezembro, já radiação solar caracterizaram bem o movimento aparente do sol demonstrando assim a distribuição desigual de Ro e Rg ao longo do ano.

Para as condições de céu nublado e céu limpo o melhor modelo foi Aubinet 4, e para condições de céu parcialmente nublado e moderadamente limpo o melhor modelo foi o Gabathule, pois demonstraram menores valores de EMA, ERM e REQm.

Acoplado todas as condições, o modelo que apresentou melhor coeficiente de correlação foi o Aubinet 3. Entretanto, este modelo demonstrou uma leve subestimativa dos dados, logo, recomenda-se para esta estimativa, o emprego do modelo Aubinet 4, em que o coeficiente de correlação pouco difere do Aubinet 3 (diferença de 0,0070) e demonstra uma maior simetria na reta de regressão com relação a reta 1:1, portanto, exibindo melhor ajuste.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço ao programa PPGMET - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia -, da UFCG - Universidade Federal de Campina Grande -, da UACA - Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, juntamente a agência de fomento CNPq.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AUBINET, M. Longwave sky radiation parametrizations. *Solar Energy*, v. 53, n. 2, p. 147-154, 1994.

DUARTE, H. F., DIAS, N. L., MAGGIOTTO, S. R. Assessing day time downward longwave radiation estimates for clear and cloudy skies in Southern Brazil. *Agricultural Forest Meteorology.*, v. 139, p. 171–181, 2006.

FLERCHINGER, G. N., XAIO, W., MARKS, D., SAUER, T. J., YU, Q. Comparison of algorithms for incoming atmospheric longwave radiation. *Water Resources Research*, v. 45, n. 3, p. 1-13, 2009.

GABATHULER, M; MARTY, C. A.; HANSELMANN, K. W. Parameterization of incoming longwave radiation in high-mountain environments. *Physical Geography*, v. 22, n. 2, p. 99-114, 2001.

SILVA, B. B. D., S. M. G. L. MONTENEGRO, V. D. P. R. D. SILVA, H. R. D. ROCHA, J. D. GALVINCIO, AND L. M. M. D. OLIVEIRA. Determination of instantaneous and daily net radiation from TM-Landsat 5 data in a subtropical watershed *Journal of atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 135, 42-49, 2015.

CONDIÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS DA SOLOTECA DA EMBRAPA SOLOS-RJ

Evaldo de Paiva Lima¹; Rosandro Boligon Minuzzi²; Yuri de Almeida Lyra Corrêa³; Camila Sanches de Oliveira³

Autor para correspondência: evaldo.lima@embrapa.br

¹Pesquisador da Embrapa Solos / UEP-Recife, Recife, Pernambuco; ²Professor da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina; ³Estudante do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

RESUMO

Soloteca é o termo utilizado no Brasil para se referir ao local onde são guardadas as amostras de solos de referência. A Soloteca da Embrapa Solos-RJ, por exemplo, armazena amostras de solos provenientes das diferentes regiões do Brasil e essas amostras precisam estar armazenadas em condições que preservem as suas características intrínsecas. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi determinar as condições da temperatura do ar e umidade relativa na Soloteca da Embrapa Solos-RJ. Os dados foram coletados por três termohigrômetros, instalados no interior e no exterior do local onde as amostras são armazenadas, no período de 1° de dezembro de 2016 a 31 de março de 2017, correspondendo ao verão 2016/17. A diferença entre a média e a variância dos dados de cada ambiente/altura foi avaliada ao nível de 5%, respectivamente, pelos testes t-Student e F de Snedecor. As demais análises estatísticas foram apresentadas por meio de gráficos de caixa (boxplot). Observou-se que a temperatura do ar, em média, não diferiu entre os ambientes interno e externo na altura de 1,6 metros, porém houve diferença destes com o sensor instalado próximo a superfície (0,5 metro). Em contrapartida, a dispersão dos dados atestada pela variância e pelo coeficiente de variação no ambiente externo foi maior que as registradas internamente.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura do ar; Umidade relativa; Armazenamento de amostras de solos

MICROMETEOROLOGICAL CONDITIONS OF SOLOTECA OF EMBRAPA SOLOS-RJ

ABSTRACT

Soloteca is the term used in Brazil to refer to the place where the samples of reference soils are stored. The Soloteca of the Embrapa Soils-RJ, for example, stores soils samples from different regions of Brazil and these samples must be stored in conditions that preserve their intrinsic characteristics. In this sense, the objective of this work was to determine the conditions of the air temperature and relative humidity in the Soloteca of Embrapa Soils-RJ. The data were collected by three thermohygrometers, installed inside and outside the place where the samples are stored, during the period from December 1, 2016 to March 31, 2017, corresponding to summer 2016/17. The difference between the mean and the variance of the data of each environment/height was evaluated at the level of 5%, respectively, by the t-Student and F of Snedecor tests. Other statistical analyzes were presented using boxplot. It was observed that the air temperature, on average, didn't differ between the indoor and outdoor environments at a height of 1.6 meters, but there was a difference between them with the sensor installed near the surface (0.5 meter). On the other hand, the dispersion of data attested by the variance and the coefficient of variation in the external environment was higher than those recorded internally.

KEY-WORDS: Air temperature; Relative humidity; Soils sample storage

INTRODUÇÃO

Soloteca (do grego, theca = depósito) ou Pedoteca (do grego, pedon = solo; terra) são os termos utilizados no Brasil para se referir ao local onde são guardadas as amostras de solos de referência, que são aquelas típicas de determinada região e classe taxonômica. Constitui verdadeira coleção em que cada um dos exemplares se encontra devidamente identificado e caracterizado do ponto de vista pedológico (dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos). Tal como uma biblioteca, apresenta três objetivos principais: (1) armazenar as amostras de solos em local livre de perigo; (2) conservar as amostras de forma que não ocorra alteração em suas características intrínsecas; e (3) organizar as amostras de solos segundo regras de catalogação, classificação, indexação e arquivo, de tal modo que seja possível, de maneira imediata, consultar informações sobre as mesmas (classe de solo, coletor, município, coordenadas geográficas, quantidade de amostra, etc.) e resgatá-las para fins de pesquisa e ensino. Portanto, uma Soloteca deve possuir uma parte física, que é o estoque de amostras, e outra digital, que são os dados gerados e armazenados digitalmente.

Segundo Boone et al. (1999), o arquivamento de amostras de solos é um componente essencial de um programa de pesquisa de solos a longo prazo. Solos arquivados são inestimáveis "cápsulas do tempo" para avaliar mudanças temporais nas propriedades do solo, particularmente à medida que novas ferramentas analíticas se tornam disponíveis. Podemos citar o trabalho de Friedland et al. (1992) como exemplo da importância de se armazenar amostras de solos. Esses autores mostraram uma redução nos níveis de chumbo, em vários locais do Nordeste dos Estados Unidos, após a suspensão da utilização de chumbo na gasolina.

Existem várias recomendações para o armazenamento em longo prazo de amostras de solos de referência. Entretanto, não foram encontradas na literatura os limites ideais de temperatura do ar e umidade relativa para o armazenamento de amostras em uma Soloteca. Nesse sentido, Boone et al. (1999) comentaram, pelo menos, três cuidados com relação as condições micrometeorológicas: (1) as amostras devem ser mantidas secas ao ar à temperatura ambiente em local seguro com baixa probabilidade de danos causados pela água (por exemplo, canos quebrados, inundações ou tempestades), contaminação química, incêndio ou outras catástrofes; (2) as flutuações da temperatura do ar devem ser minimizadas por causa do potencial de condensação dentro dos recipientes; e (3) a desumidificação pode ser necessária durante os meses mais quentes.

A Soloteca da Embrapa Solos, localizada na cidade do Rio de Janeiro, é mais antiga que a própria Embrapa. Sua origem, no entanto, não está documentada. Segundo comunicado pessoal de Humberto Gonçalves dos Santos, que era pesquisador da Embrapa Solos, já havia o local de armazenagem de amostras de solos desde a sua chegada, em outubro de 1964, ao extinto Departamento de Pesquisas e Experimentação Agropecuária (DPEA), que era sediado onde é hoje a Embrapa Solos. O referido pesquisador, que por ser um dos pesquisadores mais antigos acabou se tornando fonte de informações de acontecimentos passados, supunha que a Soloteca tinha sido criada no período de 1947-50, por ocasião da criação da Comissão de Solos que deu início aos primeiros levantamentos de solos do Brasil (Laforet et al., 2014).

Nesse contexto, verifica-se a importância de se conhecer as condições micrometeorológicas da Soloteca da Embrapa Solos, que possui amostras de solos de referência que foram coletadas nas diferentes regiões do Brasil.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Determinar e comparar as condições da temperatura do ar e umidade relativa durante o verão na Soloteca da Embrapa Solos-RJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Soloteca (Figura 1a) está localizada na Embrapa Solos, cuja sede fica na cidade do Rio de Janeiro, RJ, e fica instalada em uma estrutura de alvenaria bem conservada (22°58'16"S; 43°13'27"O) com dimensão de 10 m de comprimento x 7,30 m de largura x 5,30 m de altura. O local acondiciona 47 estantes de metal de diferentes dimensões e sua capacidade máxima de estoque estimada é de 20.000 a 25.000 amostras, dependendo das dimensões dos recipientes em que são armazenadas (Figura 1b).



Figura 1: Soloteca da Embrapa Solos (1a) e o armazenamento de amostras em seu interior (1b).

Foram coletados os dados horários da temperatura do ar e umidade relativa no período de 1° de dezembro de 2016 a 31 de março de 2017, correspondendo ao verão 2016/17. Os dados foram registrados por três termohigrômetros (“EHT Temperature/RH Sensor”), que estavam conectados ao *datalogger* Em50 da Decagon, e estavam instalados em três locais distintos: 1,6 m e 0,5 m de altura na área interna (Figura 2a), e 1,6 m de altura na área externa (parede frontal) da Soloteca (Figura 2b). Vale destacar que, devido a problemas em um dos termohigrômetros não serão apresentados os resultados de umidade relativa para o sensor instalado a 0,5 m de altura (área interna). O sensor da temperatura do ar possui resolução de 0,1°C e precisão de $\pm 0,3^\circ\text{C}$, para medições entre 15 e 50°C. O sensor de umidade relativa possui resolução de 0,1% e precisão de $\pm 2\%$, para medições entre 25 e 90% e temperatura do ar entre 20 e 30°C.

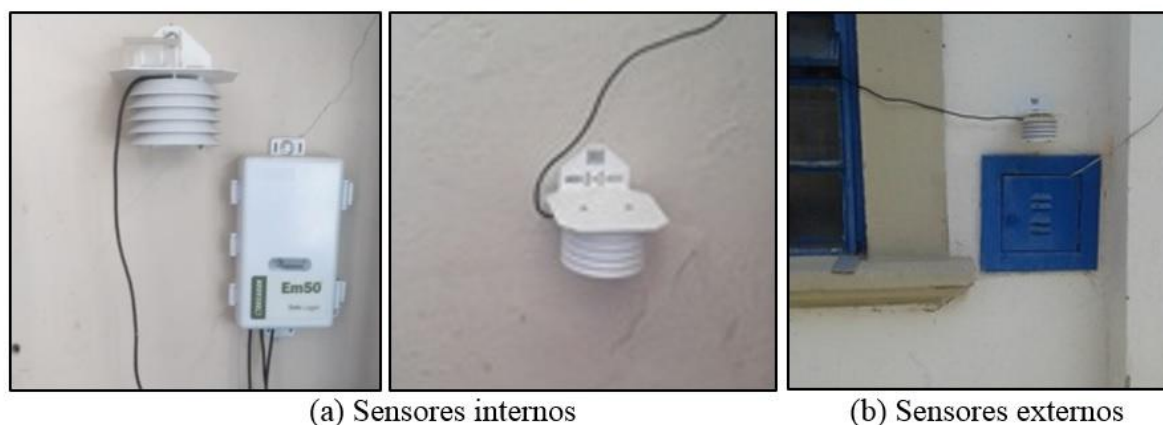


Figura 2: Sensores instalados, com datalogger, no interior (a) e no exterior (b) da Soloteca.

A diferença entre a média e a variância dos dados de cada ambiente/altura foi avaliada ao nível de 5%, respectivamente, pelos testes t-Student e F de Snedecor, segundo Costa Neto (2002). As demais análises estatísticas da temperatura do ar e umidade relativa serão apresentadas por meio de gráficos de caixa (boxplot), conforme indicação na Figura 3.

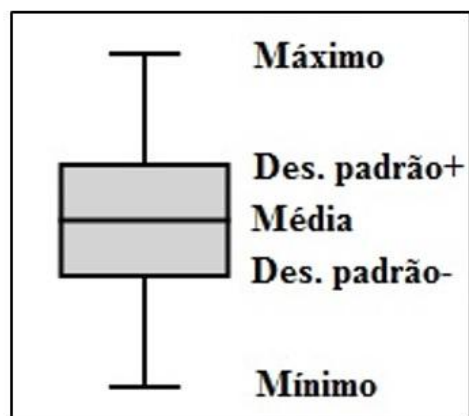


Figura 3: Indicação das informações estatísticas representadas pelo gráfico de caixa (boxplot).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas a média, a variância e o coeficiente de variação da temperatura do ar e umidade relativa medidas nos ambientes interno e externo do local que ficam armazenadas amostras de solos de referência.

Quadro 1: Média, variância¹ e coeficiente de variação da temperatura do ar e umidade relativa medidas nos ambientes interno (Int) e externo (Ext) da Soloteca

	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)	
	Int-1,6m	Int-0,5m	Ext-1,6m	Int-1,6m	Ext-1,6m
Média	27,6 a	26,9 b	27,6 a	71,3 a	70,7 a
Variância	3,4 a	3,0 a	4,8 b	19,7 a	37,3 b
Coef. de variação (%)	6,6	6,4	8,0	6,2	8,6

¹Médias e variâncias com a mesma letra entre as colunas da temperatura do ar e umidade relativa não diferem significativamente entre si ao nível de 5%, respectivamente, pelos testes t-Student e F de Snedecor.

Observa-se que a temperatura do ar, em média, não diferiu entre os ambientes interno e externo na altura de 1,6 metros, porém houve diferença destes com o sensor instalado próximo a superfície (0,5 metro). Em contrapartida, a dispersão dos dados atestada pela variância e pelo coeficiente de variação (CV) no ambiente externo foi maior que as registradas internamente. Como exemplo, pode-se citar os valores de 37,3 e 8,6%, respectivamente, para a umidade relativa. Isso é algo compreensível, visto que existe a influência da radiação solar no ambiente externo, chegando à radiação incidir, em algumas horas do dia, diretamente sobre o abrigo do termohigrômetro.

A umidade relativa do ambiente interno (1,6 metros) foi, em média, 71,3%. Isso indica que o ambiente pode precisar de desumidificação, conforme Boone et al. (1999) que comentaram sobre a desumidificação poder ser necessária durante os meses mais quentes, principalmente quando se observa na Soloteca da Embrapa Solos o valor máximo horário (88,9%), que foi registrado no dia 17 de dezembro de 2016. Vale destacar que, a umidade relativa máxima esteve em vários outros dias acima dos 80%.

A Figura 4 apresenta as informações estatísticas da temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) representadas pelo gráfico de caixa (boxplot). Observa-se que ocorre uma maior dispersão dos dados no ambiente externo, para a temperatura do ar (Figura 4a) e umidade relativa (Figura 4b), tanto para os extremos mínimos e máximos como para o desvio padrão. A Figura 4 também atesta a inexistência de diferença entre as médias dos ambientes internos e externos (temperatura do ar) a 1,6 metros de altura. A temperatura mínima média foi de 26,9°C e foi observada no sensor interno, instalado a 0,5 metro, indicando que as menores temperaturas foram registradas próxima a superfície. Essa tendência era esperada, visto que o ar mais frio, por ser mais denso, irá se concentrar na parte inferior da Soloteca. A variação de temperatura pode até ser mínima, mas essa questão revela, até mesmo, que amostras armazenadas na parte inferior de

uma dada prateleira estarão sob uma condição diferente das amostras armazenadas no topo dessa mesma prateleira.

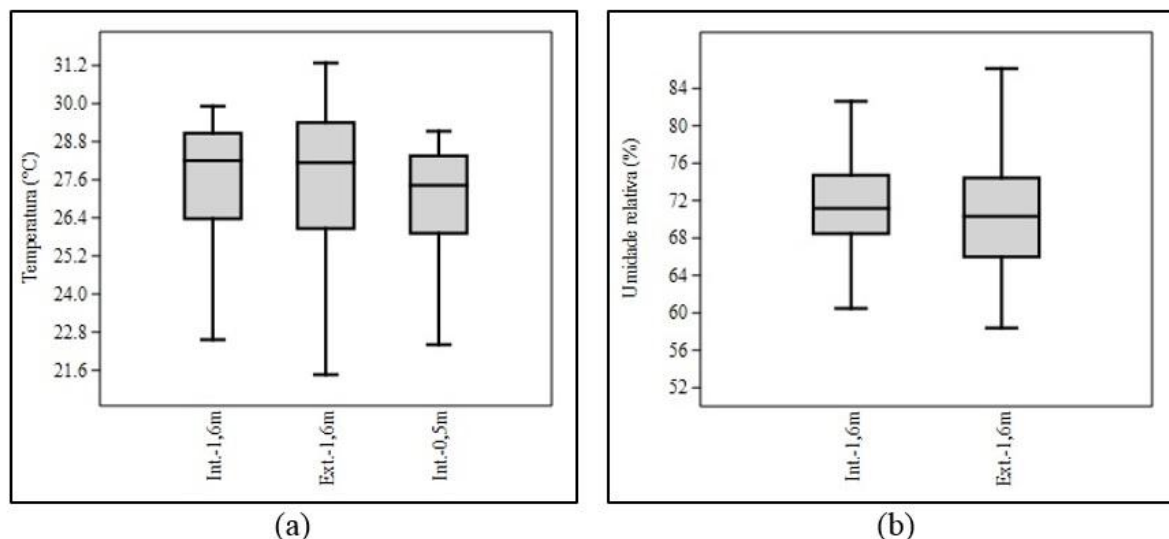


Figura 4: Informações estatísticas da temperatura do ar (a) e da umidade relativa (b) com a utilização do boxplot.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- A temperatura do ar, em média, não diferiu na altura de 1,6 metros entre os ambientes interno e externo, porém houve diferença destes com o sensor instalado próximo a superfície;
- Não foi verificada uma variação significativa das condições micrometeorológicas no verão, porém é importante observar o comportamento da temperatura do ar e da umidade relativa em outras épocas do ano.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Técnico da Embrapa Solos Jorge Luiz de Gusmão, pelas fotografias da Soloteca. Ao pesquisador Humberto Gonçalves dos Santos, que tanto contribui para a Ciência do Solo brasileira. Fica o eterno reconhecimento para quem foi um exemplo de profissional dedicado. Ele é hoje uma estrela que brilha no céu!

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BOONE, R. D.; GRIGAL, D. F.; SOLLINS, P.; AHRENS, R. J.; ARMSTRONG, D. E. **Soil sampling, preparation, archiving, and quality control**. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. (eds.). *Standard soil methods for long-term ecological research*. New York: Oxford University Press, 1999. cap. 1, p. 3-28.

COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 266p. 2002.

FRIEDLAND, A. J.; CRAIG, B. W.; MILLER, E. K.; HERRICK, G. T.; SICCAM, T. G.; JOHNSON, A. H. Decreasing lead levels in the forest floor of the Northeastern USA. *Ambio*, v. 21, n. 6, p. 400-403, 1992. Disponível em: < https://www.jstor.org/stable/4313971?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LAFORET, M. R. C.; LIMA, R. A. de; FAVARIN, A. M. **Mémoires da Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 57 p. (Série Documentos, 176).

EFEITO DE CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO DE GEADA NAS TROCAS DE CO₂ NO BIOMA PAMPA

Debora Regina Roberti¹; Gustavo Pujol Veeck¹; Tiago Bremm¹; Cristiano Maboni¹; Ricardo Acosta Gotuzzo¹

Autor para correspondência: debora@ufsm.br

¹Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

Eventos de geada são geralmente definidos quando baixas temperaturas ocorrem e acarretam o congelamento dos tecidos vegetais, com ou sem formação de gelo sobre as plantas. O fenômeno da geada ocorre com certa frequência no período de inverno no sul do Brasil. Neste trabalho foi analisado o fluxo de CO₂ em condições favoráveis para ocorrência de geada em campo de pecuária do Bioma Pampa no estado do Rio Grande do Sul. Nestes eventos, a amplitude dos fluxos de CO₂, tanto diurnos quanto noturnos, foi afetado ao longo dos dias de geada, diminuindo tanto a emissão quanto a absorção do CO₂ pelo ecossistema do campo nativo.

PALAVRAS-CHAVE: GEADA; COVARIÂNCIA DOS VÓRTICES; FLUXO DE CO₂

EFFECT OF FROST EVENTS CO₂ FLUXES PAMPA BIOMA

ABSTRACT

Frost events are usually defined when low temperatures occur and lead to freezing of plant tissues, with or without ice formation on plants. The phenomenon of frost occurs with some frequency in the winter period in southern Brazil. In this work, the CO₂ flux was analyzed under favorable conditions for the occurrence of frost in the Pampa Biome field in the state of Rio Grande do Sul. In these events, the amplitude of CO₂ fluxes, both day and night, was affected throughout the days of frost, reducing the emission and absorption of CO₂ by the native field ecosystem.

KEY-WORDS: FROST; EDDY COVARIANCE; CO₂ FLUX

INTRODUÇÃO

Quando a temperatura do ar próximo à superfície chega a temperaturas próximas do ponto de congelamento, o vapor de água existente no ar se transforma em cristais de gelo o que pode congelar os tecidos vegetais. Isso ocorre quando a temperatura do ar chega muito próximo a 0°C, podendo ocorrer por processos radiativos ou advectivos. Este fenômeno é conhecido como geada. Eventos de geada podem ocorrer devido ao resfriamento radiativo com o ar muito seco em noites de céu claro e ventos fracos, ou na forma de advecção de ar frio para um local acompanhado de ventos fortes (Oke, 1987). Este fenômeno afeta diretamente os fluxos superficiais de água, energia e CO₂. As medidas de CO₂ e outros fluxos relevantes são essenciais para avaliar a resistência ao sequestro de C e a sensibilidade às tais variações climáticas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste trabalho, analisaremos o comportamento do fluxo líquido de CO₂ sob condições propícias à ocorrência de geada no sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados por uma torre de fluxo (micrometeorológica) instaladas em uma área de 24 ha de vegetação natural no bioma Pampa destinada à pecuária, nas coordenadas geográficas (-29°43'26,76", -53°45'34,94") no município de Santa Maria-RS. O sítio experimental faz parte da rede PELD-CNPq (Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração). O solo da área é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico. Os dados utilizados no trabalho correspondem ao período de 23/06/2019 a 07/07/2019.

A torre de fluxo foi equipada com equipamentos que realizavam medidas experimentais das seguintes variáveis atmosféricas com descrição da altura do sensor, marca e modelo entre parênteses: componentes do vento e H₂O/CO₂ analisador de gás e pressão (3 m; Campbell Scientific, IRGASON,); radiação global (R_g [W m⁻²]) (3 m; Kipp&Zonen, CNR4); Temperatura do ar (Tar [°C]) e umidade do ar (RH [%]) (3.0 m; Campbell Scientific - CS615).

O fluxo líquido de CO₂ (do inglês net exchange ecossistema, NEE) foram calculados pelo método da covariância dos vórtices turbulentos (Eddy Covariance - EC) (Baldocchi et al., 1988) usando o Software EddyPro® em média de 30 minutos. Dados para NEE maiores que 15 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ e menores que -20 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, foram considerados espúrios e removidos da série temporal. Maiores detalhes sobre o processamento e descrição detalhada do sítio experimental podem ser consultados em Rubert et al. (2017).

Para descrever os eventos de geada foi utilizada a condição de temperatura do ar a 3m de altura menor que 2°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as variáveis meteorológicas (Tar, RH e R_g) e o fluxo líquido de CO₂ (NEE) em médias de 30 min para o período analisado. Do dia 23/06/2019 ao dia 25/06/2019 a temperatura do ar foi maior que 20 °C e RH baixa ao longo do dia. No dia 25 houve uma passagem de frente que diminuiu a temperatura do ar e a radiação solar. A consequência foi que no dia 27/06/2019 a temperatura do ar chegou a próximo de zero. Depois de um aumento de temperatura, a partir do dia 02 de junho ocorreram condições para geada que foi confirmada nos dias 04, 06 e 07 de julho. A temperatura mínima foi -0,18 °C às 6h30min no dia 04/07/2019, negativa às 7h00min com -0,16 °C permanecendo negativa até as 7h30min e no dia 07/07/2019 com valores negativos das 00h30min com -0,19 °C até às 8h00min com -0,64 °C, sendo que o mínimo ocorreu às 7:00 com -2,06 °C. Nestes dias observa-se pouca ou nenhuma nebulosidade com valores máximos em torno de 600 W m⁻² e um ciclo diário bem definido de umidade do ar.

O NEE apresentou, além da variabilidade diária, uma tendência de diminuição dos valores máximos diurnos e noturnos. A dependência de NEE com a temperatura e radiação é bastante conhecida (Lloyd & Taylor, 1994; Reichstein et al., 2005). No entanto comparando-se os valores de NEE no dia 27/06/2019, que teve temperatura do ar baixa e R_g alta, nota-se que o pico de NEE diurno que era de aproximadamente -10,50 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ aumentou para aproximadamente -6,5 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ no dia 07/07/2019. A emissão noturna que era de entre 2 e 3 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ diminuiu para valores entre 0,5 e 1,5 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Assim, os eventos de geada estudados mostraram uma diminuição nos fluxos de CO₂ ao longo dos dias após eventos de geada.

Figura 1. Variáveis atmosféricas e fluxo de CO₂ (NEE) para o sítio experimental de Santa Maria.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A ocorrência de geada no sul do Brasil, por causar o congelamento dos tecidos vegetais, afeta a amplitude dos fluxos de CO₂ tanto diurnos quanto noturnos. Para o caso estudado a diminuição foi de quase 40% durante o dia e de quase 50% durante a noite. Estudos que descrevem o impacto temporal da geada nos fluxos superficiais são ainda necessário e serão fonte de conhecimento para modelagem tanto atmosférica quanto agrônômica.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

CAPES, CNPq, FAPERGS

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BALDOCCHI, D.D.; HICKS, B.B; MEYERS, T.P. Measuring biosphere – atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. *Ecology*, v.69 (5), p. 1331–1340. 1988.

OKE, T.R. *Boundary Layer Climates*, 2nd Edition. London: Routledge, 1987.

LLOYD, J., TAYLOR, J.A. On the temperature dependence of soil respiration. *Funct. Ecology*. v. 8, p.315-323. 1994.

REICHSTEIN M, et al. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm, *Global Change Biology*, v. 11, p. 1424–1439. 2005

RUBERT, G. C.; ROBERTI, D. R.; PEREIRA, L. S.; QUADROS, F. L. F.; VELHO, H. F. de C.; MORAES, O. L L de. Evapotranspiration of the Brazilian Pampa Biome: Seasonality and Influential Factors. *Water*, v. 10, p. 1864 - 1882. 2018.

ÉPOCA DE SEMEADURA DO ALGOEIRO NA REGIÃO DE DOURADOS, MS, COM BASE NO RISCO CLIMÁTICO

Carlos Ricardo Fietz¹; Eder Comunello¹; Danilton Luiz Flumignan¹; Fernando Mendes Lamas¹
Autor para correspondência: carlos.fietz@embrapa.br

¹Embrapa Agropecuária Oeste

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da deficiência hídrica, do estresse térmico e do risco de geadas no algodoeiro na região de Dourados, MS, em seis épocas de semeadura e 17 safras. A deficiência hídrica foi calculada através de um balanço hídrico sequencial diário. O estresse térmico foi avaliado com base nas temperaturas diárias médias e máximas do ar. O risco de ocorrência de geada foi definido em função da temperatura mínima do ar. Considerando esses três fatores de risco climático, recomenda-se que a semeadura do algodoeiro na região de Dourados seja realizada em outubro, novembro e dezembro. Semeaduras mais tardias, em janeiro, fevereiro e março, não são recomendadas.

PALAVRAS-CHAVE: Deficiência hídrica; Estresse térmico; Geada

COTTON SOWING TIME IN THE REGION OF DOURADOS, MATO GROSSO DO SUL STATE, BRAZIL, BASED ON CLIMATIC RISK

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the influence of water deficit, heat stress and frost occurrence in the region of Dourados, MS, in six cotton sowing seasons and 17 harvest. The water deficit was calculated through a daily sequential water balance. The heat stress was evaluated based on average and maximum air temperatures. The risk of frost occurrence was defined based on the minimum air temperature. Considering these climatic risk factors, is recommended that cotton sowing time in the Dourados region should be done in October, November and December. Cotton sowing time in January, February, and March is not recommended.

KEY-WORDS: Water deficit; Heat stress; Frost

INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro, na safra 2018/2019, ocupou uma área de 38 mil hectares em Mato Grosso do Sul (IBGE, 2019). Essa área é pouco expressiva em relação à área total ocupada pela agricultura no Estado. No entanto, atualmente está havendo a retomada do cultivo do algodoeiro em Mato Grosso do Sul, pois essa cultura pode ser uma boa alternativa de rotação no sistema soja e milho safrinha. Além disso, há uma forte demanda da indústria de Mato Grosso do Sul, que importa de outros estados toda a matéria prima necessária à fabricação de fios têxteis.

O algodoeiro é muito sensível a alguns fatores ambientais, principalmente, deficiência hídrica (DH) e temperatura, que exercem grande influência na produtividade física e na qualidade da fibra. Além disso, não suporta geada nem nebulosidade excessiva (BELTRÃO, 2006).

A deficiência e o excesso hídrico em determinadas fases do ciclo do algodoeiro podem induzir a queda das estruturas frutíferas e comprometer a produção. Uma forma de reduzir esses prejuízos é definir adequadamente as melhores épocas de semeadura, possibilitando que os períodos mais críticos da cultura coincidam com os menos propensos à ocorrência desse risco climático

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do algodoeiro está entre 20°C a 30°C, com limite máximo de 35°C (SNIDER; KAWAKAMI, 2014). A qualidade da fibra do algodoeiro é favorecida na faixa térmica de 22°C a 28°C (KELLY et al., 2008).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Identificar as épocas de semeadura do algodoeiro mais favoráveis para região de Dourados, MS, com base no risco climático.

MATERIAIS E MÉTODOS

O período preferencial de semeadura do algodoeiro foi avaliado em 17 safras (2001 a 2017). A análise foi realizada para cultivares com ciclo de 140 dias, em seis épocas de semeadura, sendo três recomendadas pelo zoneamento agrícola (BRASIL, 2018): 11 de outubro, 11 de novembro e 11 de dezembro, e três fora dessa recomendação: 11 de janeiro, 11 de fevereiro e 11 de março.

O estudo avaliou três fatores de risco climático: (1) deficiência hídrica, (2) estresse térmico e (3) ocorrência de geadas. Os dados meteorológicos utilizados foram coletados na Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, disponíveis no portal Guia Clima (2013).

A deficiência hídrica na fase reprodutiva do algodoeiro foi calculada por meio de um balanço hídrico sequencial diário. Considerou-se os seguintes critérios: (a) evapotranspiração de referência (ET_0), estimada pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998); (b) evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), calculada pelo produto da ET_0 e os coeficientes de cultivo (K_c) (Quadro 1); (c) precipitação efetiva (P_e), estimada pelo método Número da Curva, desenvolvido pelo Soil Conservation Service dos Estados Unidos (FRIZZONE et al., 2005); (d) evapotranspiração real (ET_r), calculada pelo produto da ET_0 com K_c e o coeficiente de estresse hídrico (K_s), estimado pelo método linear; (e) profundidade efetiva de 20 cm nos primeiros 15 dias e, após isso, com crescimento diário linear, até atingir 60 cm, 70 dias após a semeadura; (f) capacidade total de armazenamento de água (CTA), definida em 50 mm para a camada 0 a 60 cm, variando em função da profundidade efetiva; (g) havendo excesso hídrico, considerou-se que o solo necessitava de um dia para atingir a capacidade de campo; e (h) considerou-se que o solo estava na capacidade de campo no dia anterior da semeadura.

O efeito do estresse térmico no desenvolvimento e na produtividade do algodoeiro foi avaliado com base nas temperaturas diárias médias (T) e máximas (TM), durante o ciclo da cultura (SNIDER; KAWAKAMI, 2014):

$$20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 30^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

$$T_M \leq 35^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

A influência do estresse térmico na qualidade da fibra do algodoeiro foi avaliada com base na temperatura média diária (T) na fase reprodutiva (KELLY et al., 2008):

$$22^{\circ}\text{C} \leq T \leq 28^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

Considerou-se com possibilidade de geadas, durante todo o ciclo do algodoeiro, os dias que registraram no abrigo meteorológico, temperatura mínima do ar inferior a 4,0°C (FIETZ et al., 2017).

Quadro 1. Duração das fases fisiológicas e coeficientes de cultivo do algodoeiro na região de Dourados, MS, de 2001 a 2017.

Fase fenológica	Duração (dias)	Coefficiente de cultivo (Kc)
Inicial	15	0,30
Desenvolvimento	40	0,30 a 1,20
Reprodutiva	55	1,20
Maturação	30	1,20 a 0,40
Total	140	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve redução nos totais de chuva, evapotranspiração de referência e evapotranspiração real com o atraso da semeadura do algodoeiro (Quadro 2). A deficiência hídrica nas semeaduras mais tardias, em fevereiro e março, também diminuiu. Comparando-se semeaduras de março com as de outubro, houve redução média de 46 mm na deficiência hídrica do algodoeiro (Quadro 2).

Quadro 2. Valores médios de chuva, evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (DH) na fase reprodutiva do algodoeiro (55 dias), em seis épocas de semeadura, na região de Dourados, MS, de 2001 a 2017.

Semeadura	T	R_n	Chuva	ET_0	ET_r	DH
	(°C)	(MJ m ⁻² dia ⁻¹)	(mm)			
11 de outubro	26,4	12,5	315,7	249,5	172,8	126,5
11 de novembro	26,5	12,3	312,3	247,3	175,5	121,3
11 de dezembro	26,3	11,5	270,3	237,0	155,2	129,2
11 de janeiro	25,0	10,0	220,5	208,0	122,5	127,1
11 de fevereiro	21,8	7,8	159,5	171,7	93,6	112,4
11 de março	19,7	6,6	148,8	138,9	86,0	80,6

Os menores níveis de deficiência hídrica na fase reprodutiva do algodoeiro nas semeaduras em fevereiro e março, apesar da redução das chuvas, devem-se à diminuição das médias de temperatura e, principalmente, de radiação líquida que reduziram consideravelmente as taxas evapotranspiração (Quadro 2).

O estresse térmico no algodoeiro devido às temperaturas altas, superiores a 35°C, não foi relevante na região de Dourados. Em todas as épocas de plantio, aproximadamente em 90% dos dias do ciclo do algodoeiro, a temperatura máxima foi inferior a 35°C (Figura 1). No entanto, o estresse térmico causado por temperaturas

médias diárias fora da faixa ideal (20°C a 30°C), aumentou com o atraso do plantio, principalmente nas semeaduras em fevereiro e março. Esse comportamento deve-se ao aumento da frequência de temperaturas médias diárias inferiores a 20°C, pois nas semeaduras realizadas em fevereiro, grande parte do ciclo do algodoeiro ocorre no outono. A situação foi ainda mais desfavorável em semeaduras realizadas em março, pois o algodoeiro tem a maior parte do seu desenvolvimento no final do outono e início do inverno.

Figura 1. Número médio de dias com temperaturas favoráveis durante o ciclo do algodoeiro (140 dias) na região de Dourados, MS, de 2001 a 2017.

A qualidade da fibra do algodoeiro pode ser afetada pelo estresse térmico nas semeaduras mais tardias (Figura 2). Em plantios realizados em outubro, novembro e dezembro a fase de maturação do algodoeiro ocorre de fevereiro a abril, meses em que as normais de temperatura média em Dourados variam de 23°C a 25°C (GUIA CLIMA, 2013). No entanto, nas semeaduras mais tardias, em janeiro, fevereiro e março, a fase de maturação ocorre nos meses de maio a julho, período em que essas normais são inferiores a 20°C. Devido a isso, há redução no número de dias com temperaturas favoráveis à qualidade da fibra nas semeaduras realizadas de janeiro a março. Quando as semeaduras são realizadas em fevereiro, há redução de aproximadamente 65% no número de dias favoráveis em relação a outubro (Figura 2).

A maturação fisiológica do algodoeiro nas semeaduras realizadas em outubro, novembro e dezembro ocorre de fevereiro a abril, período no qual não há registros de geadas na série histórica da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 3).

Figura 2. Número médio de dias com temperaturas favoráveis à qualidade da fibra do algodoeiro, durante a fase de maturação (30 dias) na região de Dourados, MS, de 2001 a 2017.

Quando a semeadura é realizada em janeiro, a maturação fisiológica do algodoeiro ocorre no final de maio, mês com poucos registros de geadas, quase todas de intensidade fraca (FIETZ et al., 2017) No entanto, nas semeaduras realizadas em fevereiro, o final do ciclo do algodoeiro ocorre em junho e, em média, há risco de ocorrer uma geada por ano (Figura 3). A situação é ainda mais desfavorável nas semeaduras realizadas em março, pois a maturação fisiológica ocorre em julho e, em média, há risco de ocorrência de duas geadas por ano.

Figura 3. Risco de ocorrência de geadas durante o ciclo do algodoeiro (140 dias) na região de Dourados, MS, de 2001 a 2017.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A deficiência hídrica do algodoeiro diminuiu nas semeaduras mais tardias. No entanto, houve aumento do estresse térmico nas semeaduras realizadas em janeiro e, principalmente, em fevereiro e março, que pode prejudicar o desenvolvimento, a produtividade e, de forma acentuada, a qualidade da fibra do algodoeiro. Também há risco de ocorrência de geadas em semeaduras realizadas nestes meses. Com base nos fatores de risco climáticos avaliados, recomenda-se que a semeadura do algodoeiro na região de Dourados seja realizada em outubro, novembro e dezembro. Semeaduras em janeiro, fevereiro e março não são recomendadas. Esses resultados estão de acordo com a recomendação do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (BRASIL, 2018).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

BELTRÃO, N. E. de M. Clima regula produção e qualidade da fibra do algodoeiro. **Visão Agrícola**, ano 3, n. 6, p. 76-77, jul./dez. 2006.

BRASIL. Portaria n. 204, de 22 de agosto de 2018. **Diário Oficial da União**, n. 165, p. 50, 27 ago. 2018. Seção 1.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. 2. ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 92).

FRIZZONE, J. A. et al. Viabilidade de irrigação da cultura de feijão-caupi sob risco climático e econômico. In: FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de (Ed.). **Planejamento de irrigação**: análise de decisão de investimento. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte; São Paulo: USP: Unesp; Curitiba: UFPR, 2005. cap. 12, p. 455-569.

GUIA Clima. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, [2019?]. Disponível em: <<https://clima.cpao.embrapa.br>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

IBGE. SIDRA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. **Tabela 6588**: série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. [Rio de Janeiro, 2019?]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

KELLY, D.; BANGE, M.; CONSTABLE, G. Unravelling the micronaire challenge. **The Australian Cotton Grower**, v. 29, n. 6, p. 24-26, Oct./Nov. 2008.

VARIABILIDADE DE FLUXO DE CALOR NO SOLO EM UM PLANTIO COMERCIAL DE AÇAIZEIRO, CASTANHAL-PA.

Deborah Luciany Pires Costa¹; Erika de Oliveira Teixeira¹; João Vitor de Nóvoa Pinto¹; Carmen Grasiela Dias Martins¹; Joyse Tatiane Souza dos Santos²
Autor para correspondência: deborahpires.agro@gmail.com

¹UFRA; ²UFPA; ³UFRA/ISARH

RESUMO

O fluxo de calor no solo (G) é uma ferramenta de grande relevância para compreensão da interação solo planta atmosfera. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o G em um solo coberto por plantas de açaizeiro nas condições climáticas de Castanhal-PA. Para tanto, foi instrumentada uma torre micrometeorológica no centro da área (0,6 ha) de cultivo de açaizeiro de sete anos de idade (cv. BR Pará), na mesma foi conectados sensores de temperatura do ar e do solo (Tar e Ts, respectivamente), fluxo de calor no solo (G) a 30 cm de profundidade e precipitação (PP), as avaliações foram realizadas no ano de 2018. Para avaliação deste utilizou-se de estatística descritiva. Os valores médios encontrados anual foi de $-00437 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($\pm 0,05$), variando em mínimo de $-0,31 \text{ MJ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e valor máximo de $0,11 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. A variabilidade de G foi influenciada pelas alterações de Tar e Ts e ocorrência de chuvas, sendo os valores menores encontrados no período chuvoso, em contrapartida, os maiores valores foram observados no período seco. Portanto, os valores de G são influenciados pelas variáveis de clima e pela sazonalidade local.

PALAVRAS-CHAVE: Microclima; Latossolo amarelo; Euterpe Oleracea

VARIABILITY OF HEAT FLOW IN THE SOIL IN A COMMERCIAL PLANTING OF AÇAÍ, CASTANHAL-PA.

ABSTRACT

The soil heat flux (G) is a very relevant tool for understanding soil plant interaction. Thus, the objective of this work was to evaluate the G in a soil covered by açaizeiro plants in the climatic conditions of Castanhal-PA. In order to do so, a micrometeorological tower was instrumented in the center of the area (0.6 ha) of a seven-year-old açaí tree (BR Pará), in which the air and soil temperature sensors were connected (Tar and Ts, respectively), soil heat flux (G) at 30 cm depth and precipitation (PP), the evaluations were carried out in the year 2018. For the evaluation of this, we used descriptive statistics. The mean annual values found were $-00437 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (± 0.05), ranging from a minimum of $-0.31 \text{ MJ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ and a maximum value of $0.11 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. The variability of G was influenced by changes in Tar and Ts and occurrence of rainfall, with the lowest values found in the rainy season, in contrast, the highest values were observed in the dry period. Therefore, G values are influenced by climate variables and local seasonality.

KEY-WORDS: Microclimate; Yellow Latosol; Euterpe Oleracea

INTRODUÇÃO

O fluxo de calor no solo (G) é um dos componentes do balanço energético da atmosfera, este é considerado um dos parâmetros de grande relevância para estudo de interação solo planta atmosfera (KUSTAS; DAUGHTRY, 1990). Pois, permite verificar as influências que ocorrem no ecossistema de uma região à medida que ocorrem variações de temperatura e outros elementos climáticas. Por exemplo, compreender os diferentes ciclos da flora de um determinado bioma definido por diferentes estações do ano e, qual a relação existente com a variação de temperatura do solo em cada estação (ROMIO et al., 2018).

Nesse sentido, compreender esse parâmetro é de grande relevância para cultivos de açaizeiro (*Euterpe oleracea*) na Amazônia, visto que tal cultura possui grande importância socioeconômica, elevando o Brasil a maior produtor mundial, sendo o Pará em primeiro lugar na produção nesse cenário nacional (IBGE, 2017).

Apesar dessa importância, ainda há poucos estudos que avaliam informações fundamentais no ciclo hidrológico dessa cultura, como por exemplo, ainda não é conhecido a demanda hídrica. Logo, o conhecimento do fluxo de calor no solo é grande relevância para contribuir a expansão de produção sustentável na Amazônia.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o fluxo de calor no solo (G) em um plantio de açaizeiro nas condições climáticas de Castanhal-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Município de Castanhal-Pa, o qual tem clima classificado, segundo Köppen, como Am (ALVARES et al., 2014). A área experimental ($1^{\circ}19'24.48''S$ e $47^{\circ}57'38.20''W$) possui cerca de 0,6 ha, no centro da mesma foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com sensores de fluxo de calor no solo (30 cm de profundidade), precipitação e temperatura do solo e do ar conectado a um *datalogger* (CR100), sendo este programado a realizar leituras de 10 em 10 min, e armazenamento de médias a cada 20 min. O monitoramento foi realizado no ano de 2018, em que o plantio de açaizeiro tinha 7 anos, com altura de 12 m, densidade de 4 m x 4m, três estipes por touceira, a cultivar estudada foi BRS Pará (adaptada pata cultivo em terra firme).

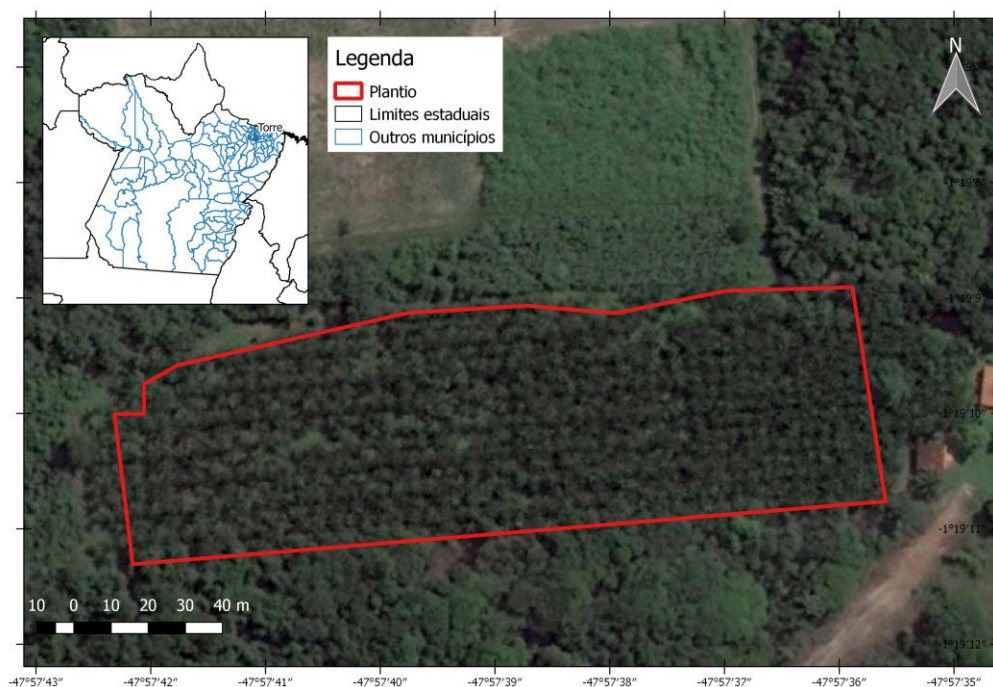


Figura 1. Localização da área experimental, cultivo de açaizeiro em Castanhal-PA

O solo da área é do tipo Latossolo amarelo, textura franco arenosa (Tabela 1).

Tabela 2. Análise granulométrica e física do solo plantio comercial de açaizeiro, Castanhal-PA.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Ds ¹	θ CC ²	θ PMP ³
	-----%-----			-- g cm ⁻³ --	--- cm ³ cm ⁻³ ---	
00-20	86,546	9,37	4,081	1,545	0,238	0,066
20-40	74,010	11,126	14,864	1,625	0,318	0,076

¹Densidade do solo; ²Teor de umidade na capacidade de campo, ³Teor de umidade no ponto de murcha permanente.

Os dados climáticos foram avaliados através de análise descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total (PP) no ano de 2018 foi de 1918,58 mm, em que as chuvas concentraram-se mais elevadas nos primeiros quatro meses do ano, totalizando 788,20 mm nesse período, esses valores voltaram elevar-se final de novembro, sendo marcado por maior valor de PP ao ano de 84,84 mm no dia juliano 333. Os valores mínimos de distribuição de chuva foram observados durante os meses de maio a final de novembro, em que somou 526,36 mm nesse período (Figura 2a). Os valores médias de temperatura do ar (Tar) foi de 27,78 °C ($\pm 1,38$), com amplitude entre 24,84 °C e 31,23 °C, a temperatura do solo (Ts) média foi de 26,06 °C ($\pm 0,42$), variando de 25,13 °C e 27,25 °C (Figura 1b). Ambas temperaturas, Tar e Ts apresentaram valores mais elevados no segundo semestre do ano, em que pode-se inferir essa variabilidade semestral ao período de maiores e menores precipitação, visto que a partir do dia 333 (final de novembro) iniciou as chuvas intensas a Tar e a Ts passaram a variar com valores menores.

O Fluxo de Calor no solo (G) apresentou valor médio de $-0,0437 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($\pm 0,05$), apresentando valor mínimo de $-0,31 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e valor máximo de $0,11 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Figura 1 b). O valor mínimo foi observado logo após a ocorrência do maior valor de chuva (Figura 1a). E essa relação entre a PP é observado também em outros dia. Isso se explica devido que a PP aumenta a umidade do solo e consequentemente influenciou na Ts e o G, tornando esses valores, na maioria das vezes, negativos com a ocorrência de chuva.

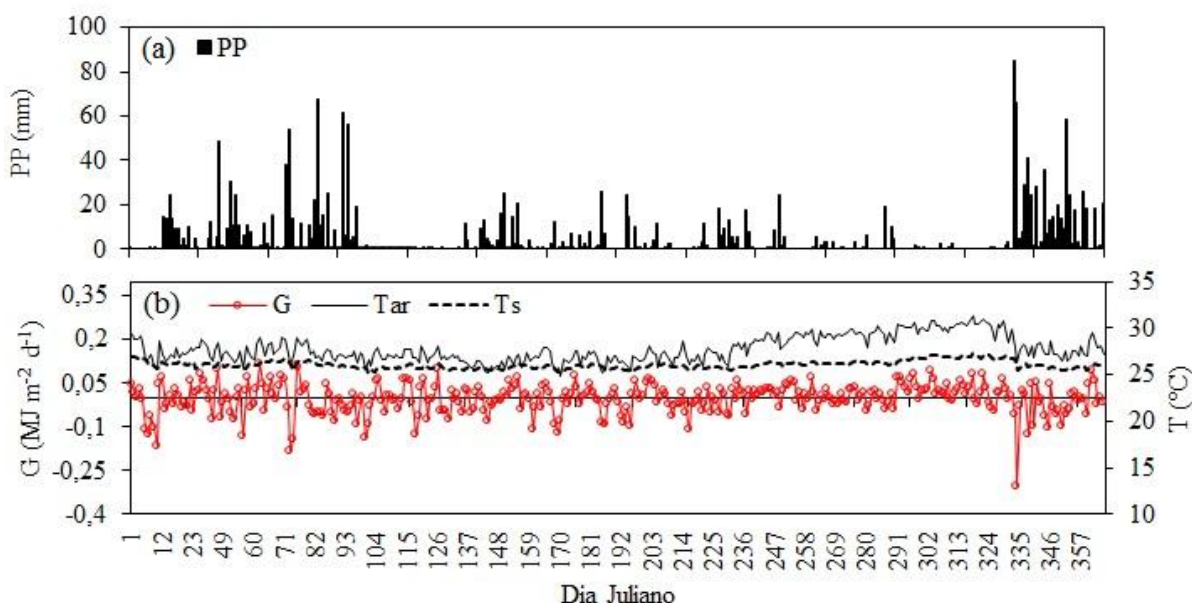


Figura 2. Variabilidade dos elementos climáticos em cultivo de açaizeiro (ano de 2018), Castanhal-PA. Em

(a): precipitação (PP); em (b): variabilidade do fluxo de calor no (G), temperatura do ar (Tar) e temperatura do solo (Ts).

Observa-se que a variabilidade G acompanha a mesma variação de Tar e Ts, essa relação entre tais variáveis foi observada por Funari e Pereira Filho (2017), em que estima valores de G através de valores médios de Ts em um Latossolo vermelho e amarelo em Ipiranga-SP e no trabalho de Romio et al., (2018) em que fez estimativas do G em Pedras Altas-RS. Logo as variáveis climáticas, chuva, Tar e Ts interagem entre si e influenciam os valores de G.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O valor médio de G para solo coberto com açaí em Castanhal-Pa é de $-00437 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, apresentando variação entre período seco e chuvoso da região, os valores máximos ocorrem no período de alta pluviosidade, enquanto os mínimos em menor disponibilidade hídrica. Assim como a PP, Tar e Ts acompanham a variabilidade dos valores G. Portanto, as variáveis climáticas, interagem entre si e influenciam os valores de G.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

FUNARI, F.; PEREIRA FILHO, A. Estimativa do fluxo de calor no solo a partir da temperatura do solo em São Paulo, SP. *Revista do Instituto Geológico*, v. 38, n. 1, p. 49-57, 2017.

KUSTAS, W. P., DAUGHTRY, C. S. T. Estimation of the soil heat flux/net radiation ratio from spectral data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 49, 205–223. (1990).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produtividade de açaí**. Pará, 2018. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>>. Acesso em: 14 julho 2019.

ROMIO, C. L.; ZIMMER, T.; ROBERTI, R. D.; BULIGON, L. Nova abordagem para a estimativa do fluxo de calor no solo para o bioma pampa. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 40, p. 76-81, 2018.

PRODUTIVIDADE DE CUPUAÇU EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA

Maria de Lourdes Alcântara Velame¹; Adrielle Carvalho Monteiro¹; Stefany Porcina Peniche Lisboa¹;
Matheus Lima Rua¹; Jaime Borges da Cunha Júnior¹
Autor para correspondência: alcantaravelame@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

PALAVRAS-CHAVE: Theobroma grandiflorum; Microclima; Irrigação

PRODUCTIVITY OF CUPUAÇU IN DIFFERENT WATER AVAILABILITY IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF CASTANHAL-PA

KEY-WORDS: Theobroma grandiflorum; Microclimate; Irrigation

INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum) pertencente à família Malvaceae e é uma espécie nativa da Amazônia que fornece um dos frutos mais conhecidos na Região Norte brasileira, o cupuaçu (Almeida et al., 2012). O cupuaçuzeiro cultivado desenvolve bem em clima tropical, com condições edafoclimáticas semelhante ao da floresta tropical úmida da Amazônia. Nos primeiros quatro anos após o plantio, o cupuaçuzeiro adapta-se bem ao sombreamento, o que permite o plantio consorciado com culturas de ciclo curto e perenes (cupuaçu icca).

Devido às características promissoras e a grande aceitação no mercado, o cupuaçuzeiro está entre as primeiras frutíferas com maior importância econômica do estado do Pará (SAGRI, 2012) e vem tendo uma grande ascensão. Dentre as frutas tropicais nativas da região amazônica, o cupuaçu é a que reúne melhores condições de aproveitamento industrial devido ao amplo aproveitamento do fruto e o alto rendimento de sua polpa (COSTA et al., 2003). Entre o grande aproveitamento do fruto podemos destacar o uso de sua polpa para a produção de sucos, doces e geleias, como o uso de suas sementes para a produção da manteiga de cupuaçu e o cupulate, semelhante ao chocolate feito a partir das sementes do cacauero (*Theobroma cacao* L.).

O cupuaçuzeiro está adaptado ao clima tropical chuvoso. A chuva deve ser abundante e bem distribuída no decorrer do ano. O déficit hídrico por período relativamente longo, durante a floração e frutificação constitui um dos sérios problemas para o seu cultivo. O cupuaçuzeiro floresce no início do período seco. Caso haja falta de chuvas nos meses subsequentes, os frutos novos serão abortados. Portanto, o crescimento e a produção estão estreitamente ligados à provisão de água. Assim, os locais com as condições climáticas mais propícias para o desenvolvimento do cupuaçuzeiro seriam aqueles com chuvas abundantes e que não provocasse déficit hídrico em pelo menos 10 meses do ano. Contudo, o problema hídrico pode ser amenizado com a adoção da prática de irrigação (cupuaçu icca).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade dos frutos do cupuaçu, exposto a diferentes condições hídricas, em consórcio, nas condições climáticas de Castanhall-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em um plantio comercial, próximo a Fazenda Escola de Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W). Conforme a classificação de Köppen, a região apresenta o tipo climático Am (ALVARES et al., 2014). A área apresenta o solo do tipo Latossolo amarelo distrófico, textura franco-arenoso (EMBRAPA, 2018).

A cultura de estudo foi a BRS Carimbó, em uma área de aproximadamente 0,30ha (52,2mx57,7m), nesta área há um consórcio (Açaí e Cupuaçu) o plantio possui 8 anos de idade. O sistema de cultivo no consórcio se dá em um espaçamento de 8mx8m entre plantas de cupuaçu e 8mx4m entre plantas com açaí; 3 estipes/touceira (açaí); controle de plantas invasoras realizado através de roçagens e é utilizado 2,5 kg/touceira/ano de adubo completo (N-P-K-Ca-Mg, FTE). A irrigação é realizada por microaspersores (1 micro/planta).

O delineamento estatístico avaliado foi o Inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (TS – Tratamento Sequeiro; T50 – Tratamento 50% da ET0 diária; T100 – Tratamento 100% da ET0 diária; T150 – Tratamento 150% da ET0 diária), cada tratamento tendo uma área de 0,0752ha (14,425mx52,2m) e 10 repetições (aleatórias com área de 16 m² em cada amostra, com 1 planta), totalizando 40 plantas amostrais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

ÁREA FOLIAR DO GIRASSOL SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO

Fábio Miguel Knapp¹; Guilherme Masarro Araujo²; Mariana Poll Moraes³; Felipe Puff Dapper⁴; Sidinei Zwick Radons⁵

Autor para correspondência: fabio.knapp@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás; ²Universidade Federal de Santa Maria; ³Universidade Federal de Santa Maria; ⁴Universidade Federal de Santa Maria; ⁵Universidade Federal da Fronteira Sul

RESUMO

O déficit hídrico é um fator que afeta o crescimento e desenvolvimento dos cultivos agrícolas em todo mundo. É o responsável direto pelos efeitos negativos no rendimento das culturas como um todo. Em função disto, este trabalho objetivou analisar a área foliar e a velocidade na emissão de folhas de uma cultivar de girassol em diferentes níveis de déficits hídricos. Para isso, instalou-se um experimento disposto em delineamento em blocos casualizados em vasos numa casa de vegetação (estufa) da Universidade Federal da Fronteira Sul, no município de Cerro Largo – RS. Os tratamentos constaram de 6 níveis de déficit hídrico com 4 repetições, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração diária por meio da irrigação. O volume de água foi determinado pelo Cálculo da evapotranspiração através do método de Penman-Monteith. Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância e regressão e verificou-se uma resposta positiva ao suprimento de água. Porém, nos parâmetros analisados, a cultura do girassol sofreu um déficit de 20% no suprimento de água sem prejuízos nas variáveis analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; *Helianthus annuus*; Restrição hídrica

SUNFLOWER LEAF AREA SUBMITTED TO WATER DEFICIT

ABSTRACT

The water deficit is a factor that affects the growth and development of agricultural crops worldwide. It is directly responsible for the negative effects on crop yields as a whole. As a result, this work aimed to analyze the leaf area and the speed in the emission of leaves, of a sunflower cultivar in different water deficits. For this, an experiment was arranged in randomized blocks, in a potting design in a greenhouse - of the Universidade Federal da Fronteira Sul, in the municipality of Cerro Largo - RS. The treatments consisted of 6 levels of water deficit with 4 replications, being the supply of 120%, 100%, 80%, 60%, 40% and 20% of daily evapotranspiration through irrigation. The volume of water was determined by calculating the evapotranspiration using the Penman-Monteith method. The data obtained in the experiment were submitted to analysis of variance and regression and a positive response was verified to the water supply. However, in the analyzed parameters, the sunflower crop suffered a 20% deficit in the water supply without losses in the analyzed variables.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; *Helianthus annuus*; Water restriction

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual, planta oleaginosa da família Asteraceae, que vêm ganhando importância gradual no mercado agrícola brasileiro e mundial. A produção brasileira de

girassol passou de 49 mil toneladas na safra 1998/1999 (CONAB, 2014), para uma produção de 104 mil toneladas em 2016/2017 (IBGE, 2019), um crescimento que representa 212% em 18 anos. A maior parte desse aumento é devido à expansão em área e uma menor parcela se deve ao aumento da produtividade.

A cultura do girassol apresenta uma importante característica muitas vezes desconsiderada. Ela adapta-se frente a diferentes e adversas condições climáticas. A cultura do girassol é reconhecida por ter maior resistência a déficits hídricos e possui um sistema radicular mais desenvolvido. Quando está sob déficit hídrico, tem a capacidade de se expandir e explorar maiores volumes de solo e em maiores profundidades. Desta forma, supre a demanda por água e, conseqüentemente, reduz os eventuais prejuízos. Esse é um mecanismo de tolerância que nem todas as culturas possuem (GAZZOLA, et. al., 2012).

Segundo Carvalho et al. (2013), para reduzir as perdas das culturas, é importante determinar e compreender a necessidade hídrica das plantas e quantificar esse volume. O estresse hídrico tem efeitos diretos na fotossíntese e na expansão foliar do girassol, sendo que sobre estas circunstâncias a expansão foliar é bastante afetada podendo ser completamente inibida, afetando conseqüentemente as taxas fotossintéticas da planta (TAIZ et al. 2017).

Mesmo conhecida por ser mais tolerante ao déficit hídrico, poucos estudos avaliam e quantificam até que ponto a cultura do girassol tolera o déficit hídrico em volume, sem afetar diretamente ou indiretamente a sua produtividade.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi analisar as respostas e comportamento da área foliar e a velocidade de emissão de folhas de plantas de girassol submetidas a diferentes condições de disponibilidade hídrica, calculada a partir da evapotranspiração da cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo (latitude: 27°08' S; longitude: 54°45' O; altitude: 258 m). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (ALVARES et al. 2013). As normais climatológicas indicam temperaturas médias mensais que variam dos 14,6°C, em junho, mês mais frio, até 24,9°C, em janeiro, mês mais quente, com média anual de 19,8°C. A precipitação média mensal varia de 118,3 mm em maio, à 180,2 mm em junho, com um total anual médio de 1770,9 mm (INMET, 2016). Durante o período experimental, os dados meteorológicos foram continuamente monitorados com uma estação meteorológica automática, da marca Davis, modelo Vantage Pro 2.

O delineamento experimental escolhido foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, e 6 tratamentos, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração diária por meio da irrigação. Sendo assim, o experimento foi composto por 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de 1 vaso com capacidade para 11 litros de substrato comercial, e em cada continha uma planta de girassol.

A lâmina de água foi determinada pelo cálculo da evapotranspiração, através do método de Penman-Monteith. A partir do resultado destes cálculos, fez-se o suprimento da demanda de água, conforme os tratamentos de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração da cultura (ET_o), sendo estes valores supridos da fase V3 de desenvolvimento até fase R6 reprodutiva, sendo ainda adotado um fator de correção de 0.7 para a calibração do volume de suprimento de água, devido os dados meteorológicos serem obtidos em ambiente externo a casa de vegetação seguindo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2011).

Nas unidades experimentais (vasos), foi utilizado substrato de casca de arroz e solo (latossolo vermelho distroférico típico), na proporção de três porções de substrato para duas de solo, com a finalidade de proporcionar maior agregação ao substrato.

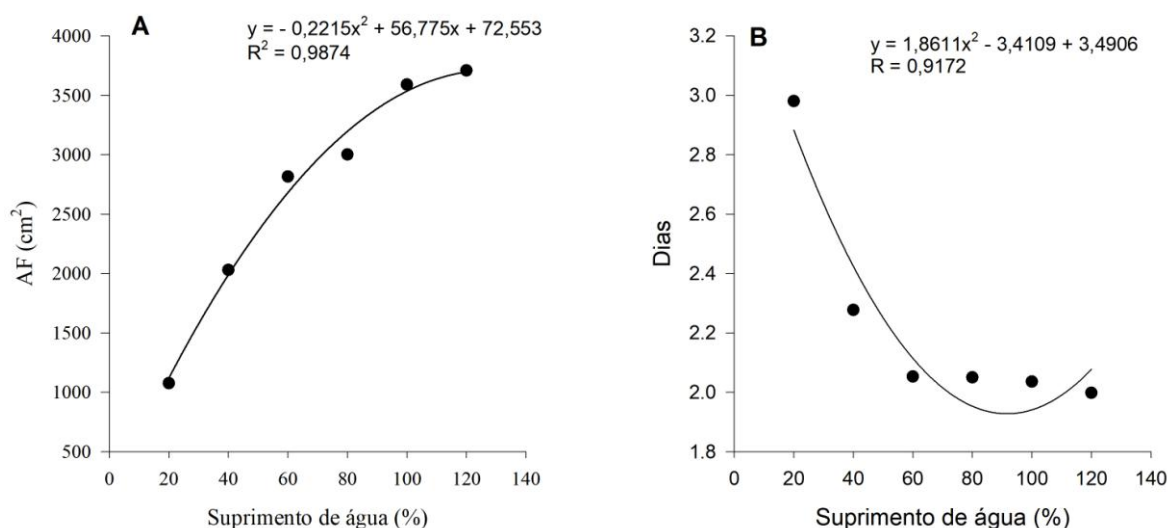
Até o estágio vegetativo V3, atingido no dia 07 de novembro de 2015, todas as unidades experimentais receberam o mesmo volume de suprimento de água por irrigação. Após essa data, implantou-se o déficit hídrico, o suprimento foi realizado a cada dois dias durante o ciclo vegetativo, durante o ciclo reprodutivo, devido à maior demanda hídrica da cultura, o suprimento foi realizado diariamente.

Semanalmente foram realizadas observações fenométricas (dimensão do limbo folhar e número de folhas) em todas as plantas. A área folhar (AF, em cm^2) foi estimada com base na dimensão de largura máxima das folhas, adotando o modelo, conforme metodologia de Maldaner et al. (2009), calibrado para a cultivar em estudo.

Após a tabulação dos dados, foi procedida a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, havendo diferença significativa, os dados foram submetidos à análise de regressão pelo programa GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de área folhar obtidos a partir da análise de variância foram submetidos a regressão, na qual o melhor ajuste ocorreu com equação polinomial de segundo grau, conforme visto na Figura 1 (A), com R^2 igual a 0,98. Os resultados obtidos vão de encontro a que argumenta Gazzola et al. (2012), segundo os autores o estresse hídrico diminuía expansão folhar, e conseqüentemente a AF, podendo ser considerado um mecanismo de defesa da planta para diminuir a perdas de água pela evapotranspiração. Sendo assim os resultados corroboram com os encontrados por Dutra et al. (2012), no qual submetem as plantas de girassol a diferentes capacidades de retenção de água, no qual os maiores teores de água produziram maior AF.



Área folha (A) e dias para emissão de folha (B) em função do suprimento de água pela evapotranspiração da cultura de 20, 40, 60, 80, 100 e 120%.

Duas vezes por semana foi realizada a contagem de folhas visíveis. Considerou-se uma folha visível aquela em que o limbo folhar apresenta, no mínimo, 4,0 cm de comprimento (FAGUNDES et al., 2007). Após a tabulação dos dados, efetuou-se a análise de variância com CV (%) de 6,2. O tratamento submetido ao suprimento de 120 % da água calculada pela ETo obteve emissão de folhas mais rápido em relação aos demais tratamentos, com uma emissão a cada 1,998 dias. Por último, o tratamento que demorou em média um tempo maior para emitir uma folha foi o que recebeu o menor suprimento de água, 20 % da ETo, com a emissão de uma folha a cada 2,980 dias. A partir dessa observação, foi realizada a análise de regressão, que

pode ser observada na Figura 1 (B). A análise de regressão que melhor se adaptou as variáveis foi a equação polinomial de segunda ordem com R^2 de 0,92. Desta forma, o resultado corrobora com o encontrado por Dutra et al. (2012), que encontraram um maior número de folhas, quando as plantas são submetidas a maiores volumes de água.

Segundo Gazzola et al. (2012), os casos de estresse hídrico são determinantes no rendimento do girassol, um dos maiores efeitos residem sobre a área foliar. Como mecanismo de defesa para diminuir a evapotranspiração e o conseqüentemente o consumo da água, a expansão foliar é prejudicada. Quando este estresse ocorre no início do crescimento da planta, ela desenvolve-se moderadamente, o que leva-a diminuir em tamanho e número de folhas. Porém, quando esse fenômeno ocorre durante o período próximo da floração, ou durante a floração e enchimento de grãos, há uma queda na produção considerável, uma vez que a produtividade tem relação com a área foliar durante o período de antese. Com a diminuição da área foliar, a diminuição da produtividade certamente é menor.

O déficit hídrico provoca mudanças na relação fonte dreno da planta. As raízes passam a ser dreno de nutrientes, aumentando seu tamanho na busca de umidade num maior volume de solo. Essa mudança incrementa massa seca nas raízes e diminui ou cessa o crescimento da parte aérea (GAZZOLA, et. al., 2012).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A partir dos resultados demonstrados concluiu-se que a área foliar do girassol responde de forma positiva ao suprimento de água a fins de produção agrícola. Porém, observou-se que, a cultura não difere em questões de desenvolvimento e crescimento foliar, quando submetida a baixos valores de déficit hídrico, ou seja, com apenas 80% do suprimento de água estimado pela ETo, a área foliar desenvolve-se normalmente, não trazendo prejuízos significativos para a cultura, sendo assim a cultura mostra-se tolerante a baixos déficits hídricos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A FAPERGS pela bolsa de iniciação científica concedida, e a Universidade Federal da Fronteira Sul, por todo suporte fornecido para que o estudo fosse desenvolvido

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton Alcarde.; et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

CARVALHO Ivan Rricardo. et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p 969, 2013.

CONAB. **Séries Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Área Plantada**, Produtividade e Produção. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 02.abr.2019.

DUTRA, Carla Cristina. et al. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

FAGUNDES, Joelma Dutra. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus L.*): efeito de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Rural**, v.37, n.4, p.987-993, 2007.

GAZZOLA, Adriano. et. al., **A cultura do Girassol**. ESALQ Piracicaba São Paulo jun. 2012.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE, 2019. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa> >. Acesso em: 17 abril 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> acesso em maio. 2019.

MALDANER, Ivan Carlos. et al. Modelos de determinação não-destrutiva da área folhar em girassol. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

TEIXEIRA, Gisele Carneiro da Silva Et. al. Estudos de evapotranspiração em casa de vegetação. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 520.

APLICAÇÃO DO ALGORITMO RANDOM FOREST NA PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Hugo Guiné Pinto Ferreira¹; Alan Rodrigo Panosso²; Gener Tadeu Pereira²; Diogo Mazza Babieri²; Lucas de Oliveira Gonçalves²

Autor para correspondência: hugo_hgpf@hotmail.com

¹Universidade de Araraquara (UNIARA); ²Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP-Jaboticabal)

RESUMO

A cana-de-açúcar é a principal fonte de energia renovável no Brasil com um futuro promissor em todo o mundo, tanto na questão econômica quanto na ambiental. Assim, buscar métodos que melhorem a capacidade de previsão do rendimento da cultura é estratégico para a sustentabilidade da produção. O objetivo do trabalho foi testar o algoritmo de aprendizado de máquina Random Forest (RF) para previsão da produtividade da cana-de-açúcar a partir dos atributos do solo e práticas de manejos da cultura em áreas comerciais no noroeste paulista. Foram utilizados dados dos anos de 2016 a 2018, com um total de 55 mil hectares de área plantada. Os resultados indicam que a acurácia dos modelos encontrados foram entre 75 e 81%. As variáveis de manejo como número de cortes, variedade e época de colheita foram as principais condicionantes da produtividade da cultura, quando comparadas às variáveis químicas do solo. Nossos resultados indicam que o algoritmo RF apresentou precisão satisfatórias, evidenciando sua aplicação na tomada de decisão dentro das unidades produtoras.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão; árvore de decisão; big data

APPLICATION OF RANDOM FOREST ALGORITHM IN THE FORECAST OF SUGARCANE PRODUCTION

ABSTRACT

Sugarcane is the main source of renewable energy in Brazil with a promising future throughout the world, both economically and environmentally. Thus, the forecast of crop yield is strategic for the sustainability of production. The objective of this work was to test the Random Forest (RF) machine learning algorithm to predict sugarcane productivity based on soil attributes and crop management practices in commercial areas in northwest São Paulo, Brazil. Data from the years 2016 to 2018 were used, with a total of 55 thousand hectares of planted area. The results indicate that the accuracy of the models found were between 75 and 81%. Management variables such as number of harvests, variety and harvest season were the main determinants of crop yield when compared to soil chemical variables. Our results show that the RF algorithm was enough to be applied for decision making of sugar mill operation planning.

KEY-WORDS: precision agriculture; decision tree; big data

INTRODUÇÃO

A produção agrícola é uma complexa interação entre as variáveis ambientais, os atributos do solo e a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera, assim novos estudos sobre o potencial produtivo da

cultura em solos brasileiros são necessários. Alguns estudos são encontrados na literatura utilizando técnicas de mineração de dados, como algoritmos de Random Forest (floresta aleatória - RF) para estimar a produtividade da cana-de-açúcar (EVERINGHAM; SMYTH; INMAN-BAMBER, 2009; BOCCA; RODRIGUES, 2016; OLIVEIRA; BOCCA; RODRIGUES, 2017; WOLFERT et al., 2017), mostrando o potencial dessas ferramentas. Os algoritmos de RF podem manipular grandes volumes de dados, usar variáveis categóricas como preditores, medir o grau de importância das variáveis preditivas e gerar a probabilidade de classe e são robustos contra o sobre ajustes, termo usado para descrever quando um modelo mostra-se eficaz no ajuste a um conjunto de dados anteriormente observado, mas ineficaz na previsão de novos resultados, mesmo para conjuntos de dados ligeiramente desbalanceados (KHOSHGOFTAAR; GOLAWALA; HULSE, 2007; SANCHES; GRAZIANO MAGALHÃES; JUNQUEIRA FRANCO, 2019). Em trabalhos recentes, Charoen-Ung; Mittrapiyanuruk (2018) testaram os algoritmos de RF e árvore de decisão (Gradient Boosting Tree Classification) para previsão da produção de cana-de-açúcar em talhões individuais na Tailândia a partir de variáveis como tipo de solo, manejo, método e práticas de irrigação, utilização de fertilizantes e volume de chuva, encontrando precisão de aproximadamente 77% para os dois algoritmos utilizados. Para monitoramento das áreas de cana-de-açúcar o algoritmo de aprendizagem em conjunto com os dados de imagens de satélite padronizadas, preenchidas por falhas e dados de referência, provou uma classificação precisa espaço-tempo, reduzindo tempo, custo e recurso para mapeamento das áreas em larga escala. (LUCIANO A.C.S.; PICOLI M.C.A.; ROCHA J.V.; FRANCO H.C.J.; SANCHES G.M.; LEAL M.R.L.V.; MAIREE G, 2018)

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi investigar a relação entre atributos físicos e químicos do solo e práticas de manejo na produtividade de cana-de-açúcar, a partir de algoritmo Random Forest, a fim de identificar os fatores determinantes da variabilidade espaço-temporal dos rendimentos da cultura em toneladas de colmos por hectare (TCH).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo foram utilizados dados de duas unidades produtoras de cana-de-açúcar, com um total de aproximadamente 55 mil ha. Foram levadas em consideração as variáveis de manejo que são as mais interligadas com a produtividade: nº cortes) é o número de vezes que o canavial foi mecanicamente colhido; idade) tempo que a cultura ficou no campo na colheita do canavial; variedade) foram consideradas as 6 principais variedades plantadas nas áreas; época de colheita) mês do ano em que fora realizada a operação de colheita. Foram tomadas uma observação a cada 3 hectares, para a determinação da produção da cultura (TCH) e amostragem de solo nas profundidades de 0,00 a 0,25 m e de 0,25 a 0,50 m, submetidas a análises laboratoriais para a determinação dos atributos químicos do solo: matéria orgânica do solo (MO), pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H + Al), alumínio (Al), enxofre (S), soma de bases (SB), troca catiônica capacidade (CTC), saturação por bases (V%) e percentagem de saturação por alumínio (m%). Foi utilizado o algoritmo de Random Forest (RF) para identificar os atributos do solo e manejos específicos (variáveis independentes) que melhor explicaram a variabilidade da produção da cana-de-açúcar (TCH, variável dependente). O RF pertence à classe de algoritmos supervisionados em que uma variável dependente é explicada em termos de n variáveis independentes medidas em qualquer escala (SANCHES; GRAZIANO MAGALHÃES; JUNQUEIRA FRANCO, 2019). Os algoritmos de RF operam com várias árvores de decisão no momento do treinamento e permitem a identificação e classificação dos atributos mais significativos na descrição da variável dependente (SANCHES; GRAZIANO MAGALHÃES; JUNQUEIRA FRANCO, 2019). Para a validação do modelo, dividimos os dados no treinamento e conjuntos de testes, onde $\frac{3}{4}$ de dados foi usado para treinamento e $\frac{1}{4}$ para teste, resultando em 1624 e 542 observações, respectivamente. Durante a etapa de treinamento, foi utilizada o processo de validação cruzada para o ajuste dos hiperparâmetros do modelo. Em sequência, as métricas: coeficiente de determinação (R²) e raiz do erro médio quadrático (RMSE) foram estimadas para o conjunto de testes, consideradas medidas padrões de avaliação do algoritmo. Todas as análises foram realizadas por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, as variáveis de manejo (época de colheita, idade, variedade e nº de cortes são as mais interligadas com a produtividade. A época de colheita foi a que apresentou maior importância para o ano de 2016 em relação a produtividade, tendo o dobro de importância comparado a nutrição química do solo (FIGURA 1). Para o ano 2017 a idade e época de colheita tiveram praticamente o mesmo grau de importância destacando-se em relação as demais variáveis (FIGURA 2). Em 2018 as variáveis que mais mostraram importância foram a época de colheita e a variedade, tendo mais que o dobro de importância comparado aos atributos químicos do solo (FIGURA 3). Os melhores resultados do algoritmo foram observados quando os atributos químicos do solo foram da segunda camada, a uma profundidade de 0,25 a 0,50 m, mostrando assim uma maior importância relacionado a produtividade. Os modelos avaliados, para os diferentes anos foram satisfatórios, apresentando valores de precisão superiores a 75% e RMSE inferior a 0,50 toneladas de colmos por hectares.

O RF também mostrou resultados promissores na detecção de vinhedos estressados pela água a partir de dados hiperespectrais de sensoriamento remoto, capaz de classificar vinhedo sob estresse hídrico com precisão até 83,3%. (LOGGENBERG et al, 2018).

Estimar os valores do Pol do caldo da cana-de-açúcar, em função do °Brix e do peso do bolo úmido (PBU), utilizando modelagem por redes neurais artificiais (RNAs) apresentaram elevada acurácia, tanto na fase de calibração ($R^2 = 0,948$; RMSE = 0,36%) quanto na validação ($R^2 = 0,878$; RMSE = 0,41%) (COELHO A.P.; BETTIOL J.V.T.; DALRI A.B.; FILHO J.A.F.; FARIA R.T.; PALARETTI L.F. , 2019).

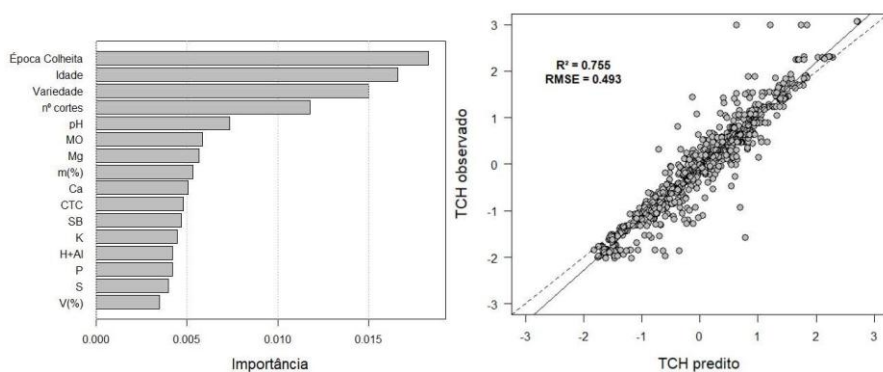


FIGURA 1. Ordem de importância dos atributos selecionados no ano 2016 para utilização no modelo gerado pelo algoritmo *Random Forest* para previsão da produção (TCH) da cana-de-açúcar. Ca = teor de cálcio, CTC = capacidade de troca de cátions, H+Al = teor de hidrogênio mais alumínio, K, = teor de potássio, m(%) = saturação por alumínio, Mg = teor de magnésio, MO = teor de matéria orgânica do solo, P = teor de fósforo disponível, S = teor de enxofre, SB = soma de bases, V(%) = saturação por bases.

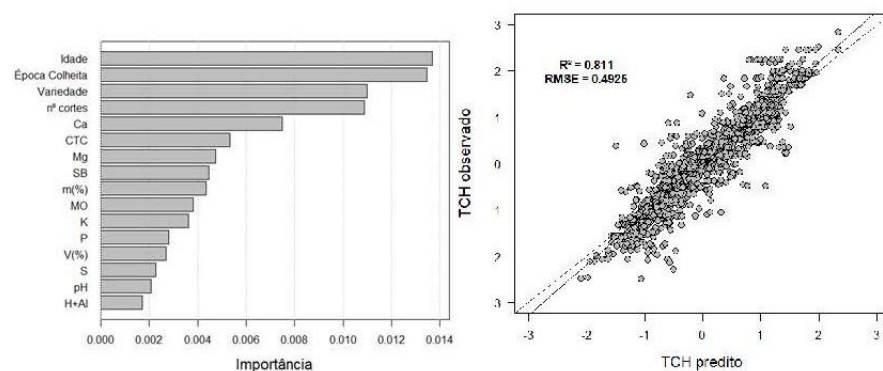


FIGURA 2. Ordem de importância dos atributos selecionados no ano 2017 para utilização no modelo gerado pelo algoritmo *Random Forest* para previsão da produção (TCH) da cana-de-açúcar. Ca = teor de cálcio, CTC = capacidade de troca de cátions, H+Al = teor de hidrogênio mais alumínio, K, = teor de potássio,

m(%) = saturação por alumínio, Mg = teor de magnésio, MO = teor de matéria orgânica do solo, P = teor de fósforo disponível, S = teor de enxofre, SB = soma de bases, V(%) = saturação por bases.

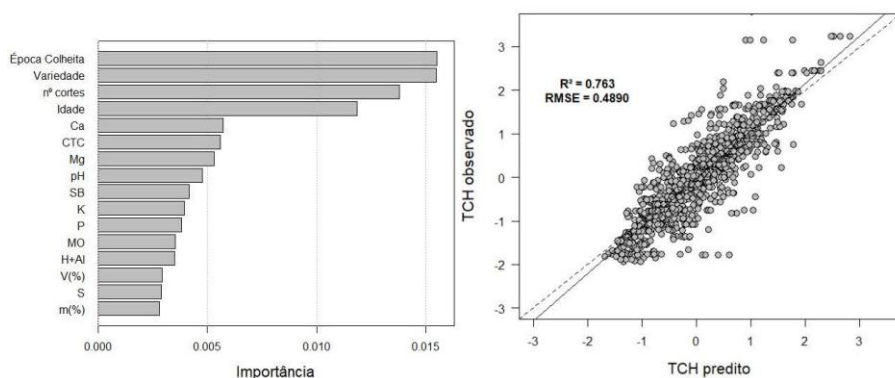


FIGURA 3. Ordem de importância dos atributos selecionados no ano 2018 para utilização no modelo gerado pelo algoritmo *Random Forest* para previsão da produção (TCH) da cana-de-açúcar. Ca = teor de cálcio, CTC = capacidade de troca de cátions, H+Al = teor de hidrogênio mais alumínio, K, = teor de potássio, m(%) = saturação por alumínio, Mg = teor de magnésio, MO = teor de matéria orgânica do solo, P = teor de fósforo disponível, S = teor de enxofre, SB = soma de bases, V(%) = saturação por bases.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados indicam que os modelos preditivos a partir de árvores de decisão, gerados pelo algoritmo *Random Forest* apresentaram precisão satisfatórias, evidenciando pelos valores de R^2 maiores que 76% e RMSE inferiores a 0,45. Assim, a aplicação dessa metodologia mostrou-se promissora para suporte à tomada de decisão dentro das usinas e unidade produtoras.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Tivemos apoio da iniciativa privada Athenas Agrícola e Laboratório Ltda.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BOCCA, F. F. E RODRIGUES, L. H. A. (2016). The effect of tuning, feature engineering, and feature selection in data mining applied to rainfed sugarcane yield modelling. *Computers and Electronics in Agriculture*, doi:10.1016/j.compag.2016.08.015.

COELHO A.P.; BETTIOL J.V.T.; DALRI A.B.; FILHO J.A.F.; FARIA R.T.; PALARETTI L.F. Application of artificial neural networks in the prediction of sugarcane juice Pol, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p9-15>

EVERINGHAM, Y. L.; SMYTH, C. W.; INMAN-BAMBER, N. G. Ensemble data mining approaches to forecast regional sugarcane crop production. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 149, n. 3-4, p. 689–696. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.10.018, 2009.

KHOSHGOFTAAR, GOLAWALA AND HULSE, 2007. An empirical study of learning from imbalanced data using random forests. In 19th IEEE international conference on tools with artificial intelligence, 2, pp. 310-317.

Loggenberg K, Strever A, Greyling B and Poona N. Modelling water stress in a shiraz vineyard using hyperspectral imaging and machine learning. *Remote Sens* 2018; 10: 202.

LUCIANO A.C.S.; PICOLI M.C.A.; ROCHA J.V.; FRANCO H.C.J.; SANCHES G.M.; LEAL M.R.L.V.; MAIREE G. Generalized space-time classifiers for monitoring sugarcane areas in Brazil, *Remote Sensing of Environment* 215 (2018) 438–451

OLIVEIRA, M. P. G. de; BOCCA, F. F.; RODRIGUES, L. H. A. From spreadsheets to sugar content modeling: A data mining approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 132, p. 14–20, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2019: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <https://www.rproject.org/>.

SANCHES, GUILHERME M.; GRAZIANO MAGALHAES, PAULO S.; JUNQUEIRA FRANCO, HENRIQUE C. Site-specific assessment of spatial and temporal variability of sugarcane yield related to soil attributes. *Geoderma*, v. 334, p. 90-98, JAN 15 2019. (13/50942-2, 08/09265-9, 14/14965-0, 15/01587-0).

WOLFERT S., GE L., VERDOUW C. & BOGAARDT M.J. (2017) “Big data in smart farming, a review”, *Agricultural Systems*, 153, pp. 69-80.

ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DA NECESSIDADE HÍDRICA DO TOMATEIRO PARA A REGIÃO EDAFOCLIMÁTICA DE CRISTALINA-GO

Enedino Pereira de Andrade Neto¹; Derblai Casaroli¹; José Alves Júnior¹; Adão Wagner Pêgo Evangelista¹; Rafael Battisti¹

Autor para correspondência: neto7200@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO

RESUMO

O Tomateiro, como a maioria das hortaliças é extremamente sensível ao estresse hídrico, seja por falta de água ou excesso. O objetivo desse trabalho foi identificar através do ISNA (índice de satisfação da necessidade de água), qual a quantidade de água necessária para a irrigação, para as condições edafoclimáticas do município de Cristalina-GO. Para isso, foram utilizados dados meteorológicos de 35 anos. Por meio dos quais se elaborou o balanço hídrico sequencial cultural, sendo utilizadas equações de pedotransferência para a determinação da CAD (capacidade de água disponível). Contudo, constatou-se um ISNA médio por ciclo de 0,44 com variabilidade de 0,12, sendo a quantidade de água, reposta de maneira natural, insuficiente para a cultura do tomateiro industrial. Recomenda-se a utilização de irrigação para garantir o sucesso produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Tomateiro; Necessidade hídrica; Evapotranspiração

WATER NEEDS SATISFACTION INDEX OF TOMATO PLANTS TO EDAFOCLIMATIC REGION OF CRISTALINA-GO

ABSTRACT

The Tomato plant, like most vegetables is extremely sensitive to water stress, as well as for the water deficit or surplus. The aim of this work was to identify through the ISNA (water needs satisfaction index) the amount of water needed for irrigation. The simulation was made to the edaphoclimatic conditions of the Cristalina-GO county. Meteorological data of 35 years were used. Crop sequential water balance was elaborated using a CAD (available water capacity) determined by pedotransference function. Results shows an average ISNA per cycle of 0.44 ($\sigma \pm 0.12$), being the amount of water, naturally restored, insufficient for the industrial tomato plants. It is recommended to use irrigation to ensure productive success.

KEY-WORDS: Tomato plant; Water need; Evapotranspiration

INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é a hortaliça de maior importância econômica no Estado de Goiás, e uma das mais importantes no país. Em 2018, somente em Goiás foram produzidas 1.334.500 t, representando 33% da safra nacional (IBGE, 2019). O município de Cristalina-GO faz parte do cinturão produtivo (RIBEIRO, 2015).

Em geral, as hortaliças tem seu desenvolvimento influenciada pela disponibilidade de água no solo, sendo as altas produtividades e produtos de boa qualidade limitados tanto pelo déficit quanto pelo excesso hídrico

(MAROUELLI, 1996). Após o transplante do tomateiro há uma necessidade hídrica que varia de 300 a 650 mm, dependendo das condições agroclimáticas locais, do sistema de irrigação e da cultivar (MAROUELLI, 2012). O Estado de Goiás possui duas estações bem definidas, a seca (maio-setembro) e a chuvosa (outubro-abril) (ALVARES et al., 2014). Sendo a janela de plantio do tomateiro para Goiás de 01/02 a 30/06, a irrigação torna-se imprescindível (SILVA, 2017). Além disto, ressalta-se que as fases de floração e frutificação são as mais sensíveis ao déficit hídrico, as quais ocorrem de abril a primeira quinzena de outubro (ALVARENGA, 2004), meses com déficit típico em Goiás (ALVARES et al., 2014). Assim, torna-se necessário o conhecimento a cerca das necessidades hídricas desta cultura associadas às condições agroclimáticas da região, garantindo a quantidade e a qualidade dos frutos na colheita.

A relação entre a quantidade de água consumida pelas plantas, em condições naturais de disponibilidade hídrica (evapotranspiração real - ETR) e o consumo de água sem restrição hídrica no solo (evapotranspiração da cultura - ETc), descreve o consumo relativo de água (ETR/ETc), também denominado índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), que pode ser utilizado em diferentes linhas de estudo na agrometeorologia, como no zoneamento de risco climático (Andrade, 2007). O ISNA é capaz de identificar os momentos no ciclo em que as necessidades hídricas das plantas estão sendo atendidas, ou não, e com isto planejar os momentos de irrigação.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi de identificar o ISNA e a necessidade hídrica do tomateiro para as condições edafoclimáticas do município de Cristalina-GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

A simulação foi realizada com base nas características edafoclimáticas do município de Cristalina-GO (16° 47' S; 47° 36' W; altitude 1211 m). Utilizou-se o banco de dados meteorológicos diários estimados por Xavier et al. (2015), de uma série histórica de 35 anos (1980-2015). Segundo Köppen, o clima é do tipo Aw, com temperatura média anual de 21,2 °C, e precipitação média anual de 1524,2 mm (ALVARES et al., 2014). O solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo (EMATER, 2016). Os dados de areia total (AT), obtidos do Projeto Radam Brasil, formam utilizados em funções de pedotransferência para determinar a umidade na capacidade de campo ($CC=0,29 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e no ponto de murcha permanente ($PMP=0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (ASSAD et al, 2001). A partir destes valores foi possível a estimativa da capacidade de água disponível (CAD, mm) (Eq.[1]):

$$CAD = 1000 \bullet (CC - PMP) \bullet Ze \quad \text{Eq. (98)}$$

sendo Ze a profundidade efetiva do sistema radicular (Ze, m) do tomateiro, igual a 0,4 m (EMBRAPA, 2003). Desta forma, a CAD=47,81 mm.

O Balanço Hídrico (BH) foi determinado conforme proposto por Thornthwaite e Mather (1955), de forma sequencial diária, para a cultura do tomate, com valores de coeficiente de cultivo (Kc) iguais a 0,55, 0,65, 0,85, 0,65 para as etapas inicial, vegetativa, de frutificação e de maturação (EMBRAPA, 2003), com ciclo anual de 110 dias, a partir do plantio, simulado para o Dia Juliano 92 (EMBRAPA, 2003). Nos períodos sem cultivo, a redução do armazenamento de água no solo se deu pela evapotranspiração de referência (ET_o, mm). Com base nos valores de evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração de cultura (ET_c) estimou-se o índice de satisfação das necessidades de água - ISNA (ETR/ET_c), avaliado para cada fase do desenvolvimento do tomateiro, bem como, em médias interanuais. A análise dos resultados foi baseada na estatística descritiva, sendo utilizadas as médias e as variabilidades (desvios).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma precipitação pluviométrica anual média de $\approx 1503,10$ mm para o período (1980-2015), com desvio-padrão de 241,49 mm, ainda, os valores de máximo 2014,39 mm (1983) e mínimo 1144,28 mm (1990) ultrapassaram o intervalo ($-\sigma$, $+\sigma$) de variação esperado (Figura 1A). Além disso, a ET_o apresentou uma média de 361,78 mm, com desvio-padrão de 18,54 mm, sendo o máximo valor igual a 409,37 mm (2010) e o mínimo igual a 324,11 mm (1997) (Figura 1A).

Constatou-se que a média da ET_c para o tomateiro industrial em um ciclo é de 256,03 mm (Figura 1B). A fase de frutificação apresentou média de 104,66 mm, isso corresponde ao maior valor entre as fases. Já a menor média foi de 20,63 mm para a fase inicial (Figura 1B). A ET_c em cada estágio da cultura é determinada indiretamente através da ET_o multiplicada por um coeficiente “ K_c ”. (MAROUELLI et al., 2012). O K_c por sua vez, varia com as fases fenológicas, sendo função do índice de área foliar (IAF). Esse último, para culturas anuais, cresce à medida que a planta se desenvolve até atingir um valor máximo (PEREIRA et al., 2007). Assim, o maior valor da ET_c na fase de frutificação do tomateiro pode ser explicado pelo fato de o IAF ser máximo nesse estágio.

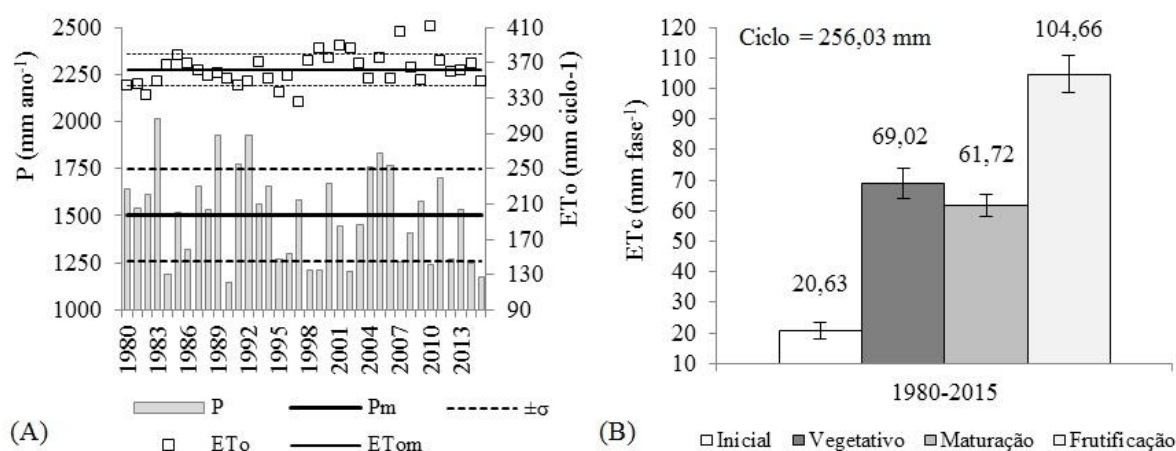


Figura 1. Precipitação pluviométrica anual (P) e evapotranspiração de referência por ciclo (ET_o) (A), e evapotranspiração da cultura (ET_c) para cada fase do desenvolvimento (B).

Ao analisar o ISNA constatou-se uma média por ciclo de 0,44, com desvio-padrão de 0,12, o valor máximo e o mínimo foram iguais a 0,74 (1997) e 0,17 (1999), respectivamente (Figura 2A). Ainda, para o período (1980-2015) a maior média do ISNA foi de 0,86 para a fase inicial, e a menor média foi 0,14 para a fase de maturação (Figura 2B).

Segundo Pereira et al. (2007) existe uma alta correlação entre a evapotranspiração relativa (ISNA) e a produtividade de uma cultura, podendo-se quantificar os danos causados à cultura. No entanto, para o tomate, essa correlação não se mostra tão alta, em torno de $-0,23$ pelo método de correlação linear de Pearson. Isso se explica quando se considera que grande parte do desenvolvimento dessa cultura se dá em meses de estiagem, tornando cada fase fenológica dependente de um correto manejo de irrigação (MAROUELLI et al., 2012). A média de produtividade do tomate industrial (1980-2015) para o município de Cristalina foi de $63.767,6$ kg ha⁻¹. Ainda, a maior produtividade ocorreu no ano de 2012 com (100.000 kg ha⁻¹) e a menor em 1980 (15.000 kg ha⁻¹) (IBGE, 2019).

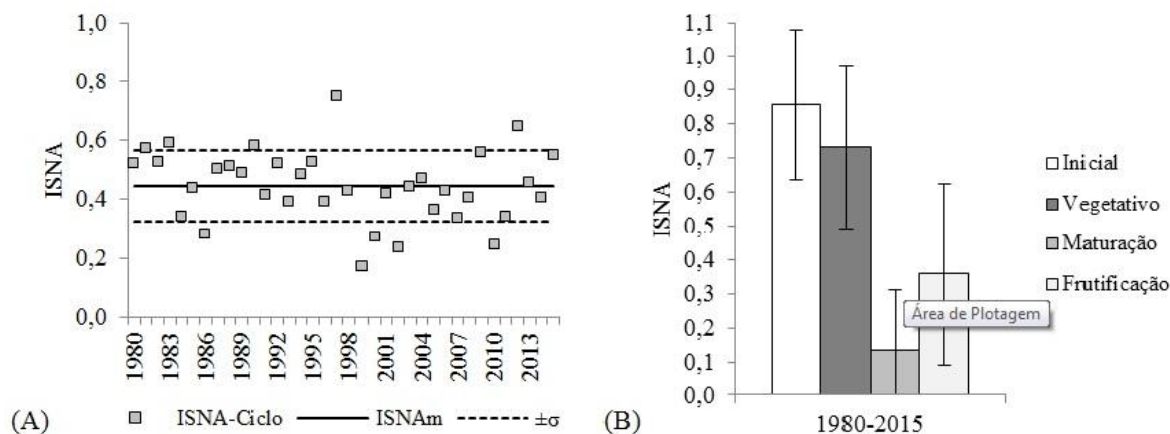


Figura 2. Índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) por ciclo (A), e ISNA para cada fase do desenvolvimento (B).

Os valores máximos do ISNA para a fase inicial, vegetativa, frutificação e maturação foram iguais a 1,00 (1980, 1991, 1993, 2006 e 2011), 0,99 (1992), 0,81 (1997) e 0,46 (1989), respectivamente (Figura 3). Os valores mínimos foram iguais a 0,28 (1986), 0,42 (1999), 0,06 (1999) e 0,01 (1999), para as mesmas fases do desenvolvimento (Figura 3).

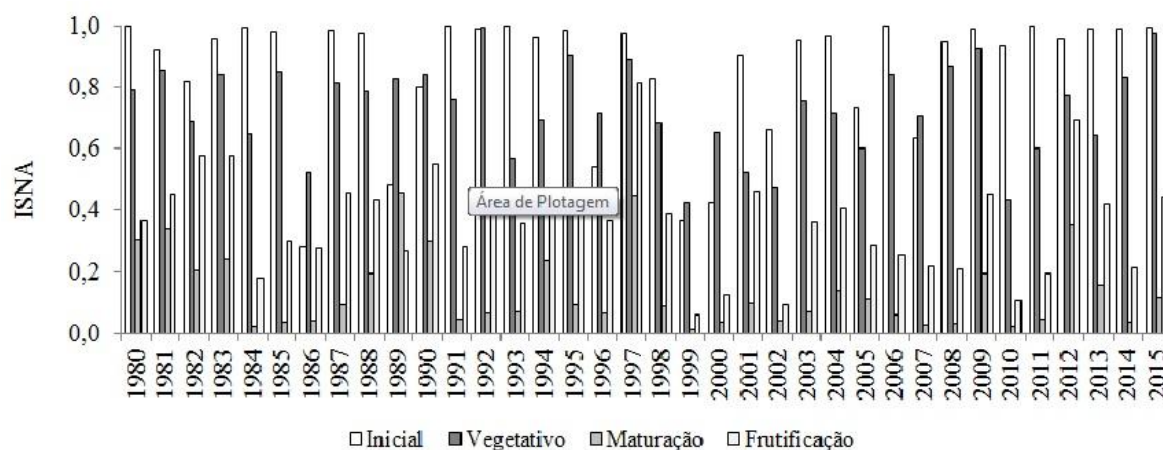


Figura 3. Índice de Satisfação da necessidade de água (ISNA) para cada fase do desenvolvimento no ciclo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- Os valores do Índice de Satisfação da Necessidade de Água médios, para o ciclo do tomateiro evidenciaram que a água no solo, proveniente da estação chuvosa é capaz de atender apenas cerca de 40% da necessidade hídrica das plantas.
- O déficit hídrico é mais acentuado nas fases de maturação e de frutificação da cultura.
- A necessidade hídrica média por ciclo do tomateiro é de aproximadamente 260 mm.
- Recomenda-se a utilização da irrigação para garantir o sucesso do cultivo no município de Cristalina-GO.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.

ALVARES, C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728, january 2014.

ANDRADE, A. S. et al. Índice de satisfação da necessidade de água da mamoneira em monocultivo e consorciada com feijão-caupi. In: **Congresso Brasileiro De Mamona**, 3., 2008, Salvador.

ASSAD, Maria Leonor Lopes et al. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 588-596, 2001.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

EMATER: **Mapeamento de solos**. Disponível em: <<http://www2.sieg.gov.br/post/ver/226836/mapeamento-desolos-1:250.000>>

EMBRAPA- Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (Petrolina, PE). **Recomendações técnicas para o cultivo do tomate industrial em condições irrigadas**. Petrolina, PE: EMBRPA-CPATSA/FUNDESTONE, outubro, 1994. 52p. (Circular Técnica, 30).

EMBRAPA: **Cultivo de tomate para a industrialização**. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/irrigacao.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

IBGE: **SIDRA**- produção agrícola municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

IMB: **Síntese de Indicadores Socioeconômicos**. Disponível em: <http://www.imb.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=216>. Acesso em: 24 fev. 2019.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 1996. 72 p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, março, 2012. 22 p. (Circular Técnica, 102).

Pereira, A.R., Angelocci, L.R., Sentelhas, P.C. **Meteorologia Agrícola**: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas Piracicaba, SP, Fevereiro de 2007.

RIBEIRO, K. In natura ou processado? Líder em tomate industrial e significativo em tomate de mesa, Goiás encara altos custos de produção. **Revista Campo**, Goiás, Ano. XIV, n. 239, p. 22-25, maio, 2015.

Silva, C.J. **Necessidade hídrica na produção do tomateiro para processamento industrial, em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação**. 2017. 158f. Tese de Doutorado- USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016. <<http://dx.doi.org/10.1002/joc.4518>>.

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA BERINJELA SUBMETIDA A DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO

Mariana Pizzatto¹; Adilson Pacheco de Souza²; Andréa Carvalho da Silva²; Rafaella Teles Arantes Felipe²; Felipe Gomes Costa²

Autor para correspondência: marianapizzatto23@gmail.com

¹Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário de Cuiabá; ²Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário de Sinop

RESUMO

A produção de hortaliças no Brasil concentra-se na região Sudeste, dificultando a chegada de produtos *in natura* de qualidade na região Norte de Mato Grosso, que tem limitações edafoclimáticas e falta de conhecimento sobre sistemas de cultivos adaptados a produção a estas condições. Neste trabalho avaliou-se sistemas que propiciem o cultivo de hortaliças na região de transição Cerrado-Amazônia de Mato Grosso. Foram avaliadas diferentes coberturas de solo associadas a lâminas de irrigação no desenvolvimento e produção de berinjela. Os resultados mostraram que as coberturas de solo não influenciaram no desenvolvimento e produtividade de berinjela, e as melhores resposta a irrigação foram obtidas com lâminas de 80 e 100% da Etc.

PALAVRAS-CHAVE: cobertura morta; manejo de irrigação; *Solanum melongena*

GROWTH AND DEVELOPMENT OF EGGPLANT SUBMITTED TO DIFFERENT CROP CONDITIONS

ABSTRACT

Vegetable production in Brazil is concentrated in the Southeast region, making difficult the arrival of quality *in natura* products in the northern region of Mato Grosso State, which has edaphoclimatic limitations and lack of knowledge about crop systems adapted to production under these conditions. In this work we evaluated systems that promote the cultivation of vegetables in the Cerrado-Amazon transition region of Mato Grosso State. The effect of different soil cover associated with irrigation blades in the development and production of eggplant were tested. The results showed that the soil cover did not influence eggplant development and productivity, and the best response to irrigation was obtained with blades of 80 and 100% of Etc.

KEY-WORDS: litter; irrigation management; *Solanum melongena*

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de berinjela concentra-se na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, sendo responsável por 43% da produção total nacional, estimada em aproximadamente 90 mil t ano⁻¹ (MAROUELLI et al., 2014). A busca por uma alimentação mais diversificada tem dado destaque para diversos vegetais, como o caso da berinjela que é considerada um alimento funcional, e isso, tem incentivado a produção (CARVALHO; LINO, 2014).

Em geral, as hortaliças comercializadas nos mercados locais do Norte de Mato Grosso (incluindo Sinop), apresentam baixa qualidade em função da rápida deterioração pós-colheita do processo de transporte e da exposição as temperaturas ambientais que diminuem a vida útil do produto. Aliado a distância dos centros produtores, pouco se conhece sobre as características do desempenho produtivo de várias hortaliças, frente às variações edafoclimáticas de outras regiões e/ou de sistemas de produção que propiciem condições ideais de culturas exigentes quanto ao clima, para atender os novos centros urbanos do país.

A produção de hortaliças na região Norte de Mato Grosso apresenta sazonalidade dependente diretamente das condições climáticas, pois ocorrem duas estações hídricas bem definidas, com elevação das temperaturas máximas e das amplitudes térmicas na estação seca (SOUZA et al., 2013). Nesse contexto, para os cultivos quando realizados na seca (em função de problemas fitossanitários e da qualidade do produto) ocorre a demanda de irrigação. Desta forma o estudo de sistemas que propiciem o cultivo de hortaliças ainda é de grande importância para a região de transição Cerrado-Amazônia de Mato Grosso.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultura da berinjela (*Solanum melongena* cv. Comprida Roxa), submetida a diferentes condições de cultivo (coberturas do solo e lâminas de irrigação).

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Setor de Produção Vegetal da UFMT Sinop (11,85°S e 55,56°W, altitude de 371m), entre 16/07 e 22/10/17. Segundo a classificação Koppen, a região possui clima do tipo Aw, sendo tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas: seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril), com precipitação e evapotranspiração média anual de 1970 e 1312 mm, respectivamente (SOUZA et al., 2013). O tipo de solo da área é o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd).

Para produção das mudas de berinjela utilizou-se sementes da cultivar “Comprida Roxa”, com semeadura em 19/05/17, em bandejas de 200 células, contendo substrato composto por subsolo argiloso, areia lavada e substrato comercial Vivatto (proporção de volume 4:2:2, respectivamente). Durante a fase de crescimento das mudas, as bandejas foram mantidas em ambiente protegido com tela preta de 50% de sombreamento e irrigadas diariamente. O transplantio ocorreu em 16/07/17, para covas espaçadas em 1,0 m X 0,7 m (entre plantas e entre linhas).

Foram consideradas um arranjo fatorial em blocos casualizados (quatro repetições, com área útil da parcela composta por 12 plantas), formado pelas lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - (ETc) e pelas coberturas do solo (resíduos vegetais de crotalária e milho a 2,5 kg m⁻², e sem cobertura morta). O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento com mangueiras de 250 micras, pressão de serviço de 8,0 mca, espaçamento entre emissores autocompensantes de 50 cm e vazões de 7,5 L/h. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas avaliações não-destrutivas das seguintes variáveis: altura da planta, diâmetro do caule, número de flores, número de frutos e número de folhas. Foram realizadas quatro colheitas ao longo do experimento para definição do número total e peso fresco de frutos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade, e quando significativas, as regressões foram ajustadas considerando a as laminas de irrigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período experimental a precipitação acumulada foi de 77,6 mm, ocorrendo com maior intensidade ao final do ciclo de avaliação, indicando que o efeito das lâminas de irrigação pôde ser avaliado durante todo período de crescimento/desenvolvimento das plantas, influenciando apenas no final do ciclo produtivo.

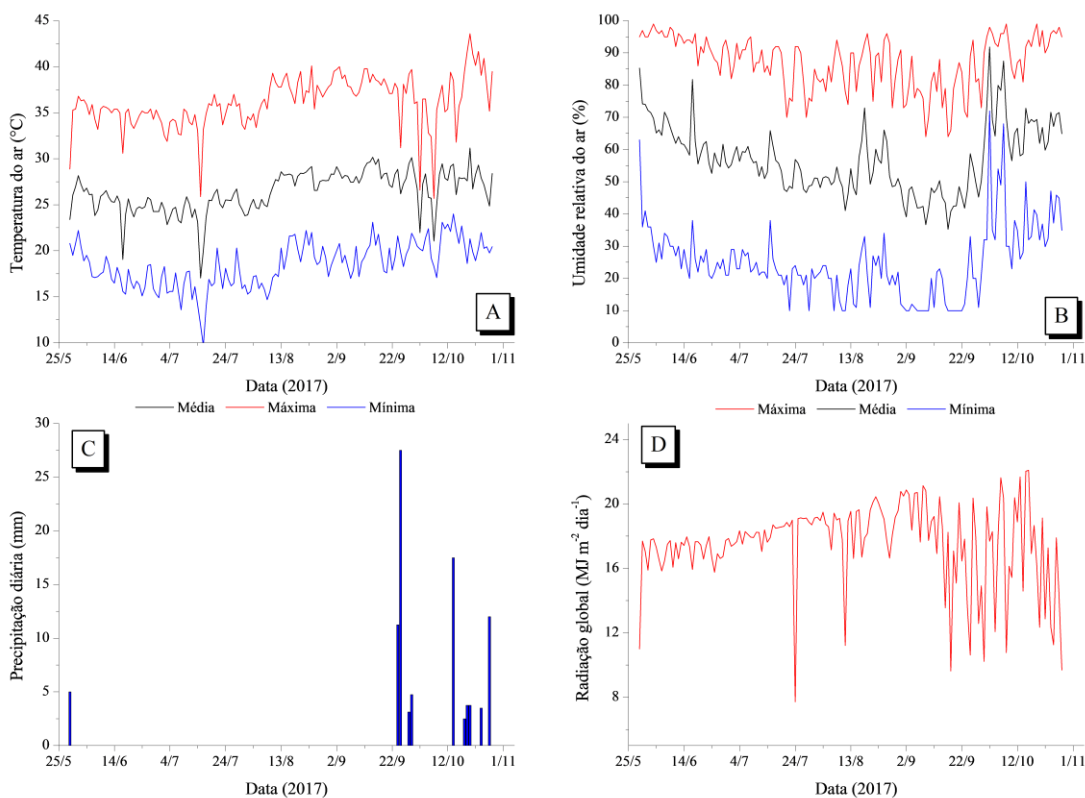


Figura 1: Variações da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B), precipitação (C) e radiação global (D) em Sinop-MT, entre 01/06 e 31/10/2017.

Plantas cultivadas sem cobertura de solo apresentaram maior altura e diâmetro de caule, no entanto, foram observados maiores números de folhas para plantas cultivadas com cobertura de crotalária aos 98 DAT (Tabela 1). Além da produção de energia pela fotossíntese, a quantidade de folhas para cultura da berinjela é fundamenta na proteção dos frutos contra danos causados pela alta incidência de radiação solar (MAROUELLI et al., 2014).

Quando avaliado o efeito das lâminas sobre as coberturas no desenvolvimento vegetativo foram observados comportamentos polinomiais quadráticos independentemente da variável morfométrica e da cobertura do solo (Figura 2).

Em geral, observou-se acréscimo das variáveis vegetativas a medida ao longo, no entanto para lâmina de 40% ETc, este desenvolvimento foi menor quando comparado com as lâminas de 100 e 120% ETc, contudo, houve influência das precipitações no final do ciclo (Figura 3). Apesar de ser considerada uma planta rústica, a berinjela é altamente exigente em água, sendo este um dos fatores limitantes da cultura, visto que o déficit de água no solo é prejudicial desde o estabelecimento das mudas, provocando na fase reprodutiva abortamento de flores e de frutos além de reduzir o crescimento dos frutos, por outro lado, o excesso de água também pode ser prejudicial diminuindo a aeração do solo e favorecendo a incidências doenças do solo (ANTONINI et al., 2006; CARVALHO; LINO, 2014; LIMA et al., 2012; MAROUELLI et al., 2014).

Tabela 1: Variáveis de crescimento aos 62 e 98 dias após o transplântio (DAT) de plantas de berinjela cultivadas em diferentes coberturas do solo, em Sinop-MT, 2017.

	62 DAT	98 DAT
Altura da Planta (cm)		

Crotalária	33,98 bB	79,9833 aB
Milheto	41,00 bB	74,3500 aB
Sem Cobertura	58,32 bA	90,5166 aA
Diâmetro de Caule (mm)		
Crotalária	9,40 bC	13,13 aA
Milheto	10,72 bB	13,47 aA
Sem Cobertura	12,76 bA	13,59 aA
Número de Folhas		
Crotalária	11,0800 aB	19,1833 aA
Milheto	10,8200 aB	17,0000 aB
Sem Cobertura	13,6600 aA	16,8833 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

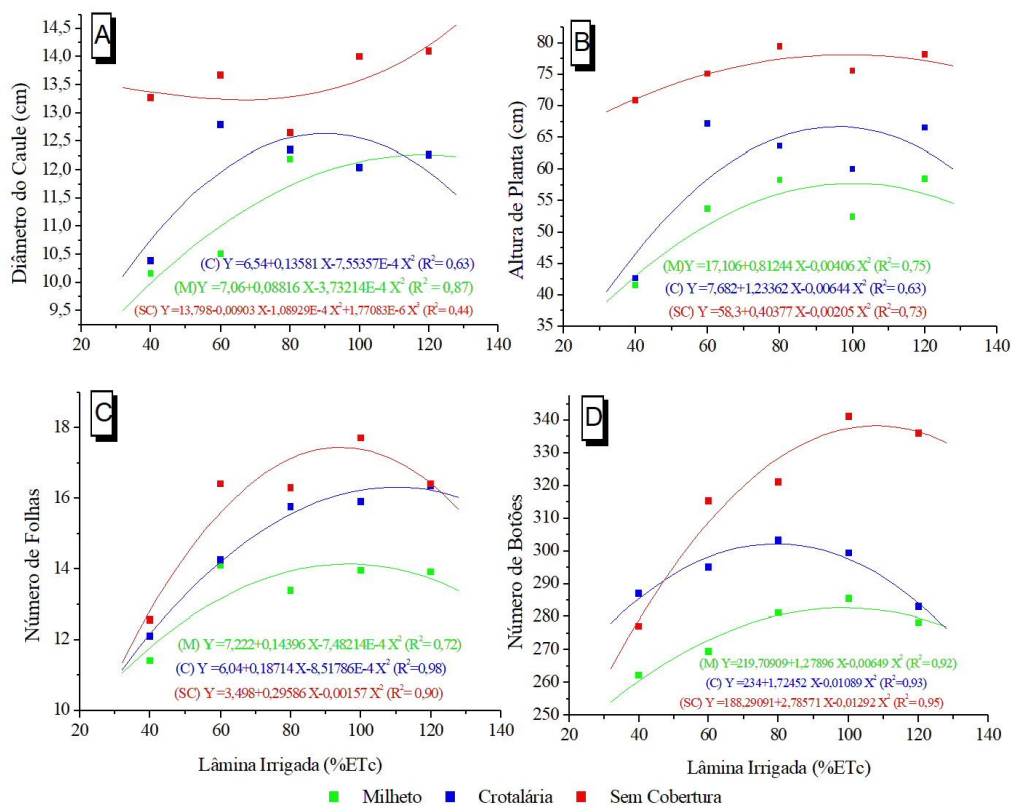


Figura 2: Variáveis morfométricas de plantas de berinjela cultivadas em diferentes coberturas do solo e lâminas de irrigação (aos 98 DAT), em Sinop-MT, 2017.

O cultivo sem cobertura do solo apresentou maior número de frutos, todavia, o cultivo com palhada de crotalária propiciou frutos com maiores pesos frescos. A falta de água associada a elevada temperatura e incidência de radiação solar na fase de formação dos frutos favorece a má formação durante a fertilização, desuniformidade no formato e tamanhos, podridão apical ou sabor amargo, além de danos pela incidência de radiação direta nos frutos por falta de cobertura foliar (MAROUELLI et al., 2014). O maior rendimento de produtividade foi obtido em plantas de berinjela cultivadas sem cobertura de solo, nas lâminas de 100% da ETc (76,49 t ha⁻¹), seguida da lâmina de 80% ETc (70,21 t ha⁻¹), e nas condições de cultivo com palhada de crotalária, também na lâmina de 80% ETc (68,01 t ha⁻¹) (Figura 3).

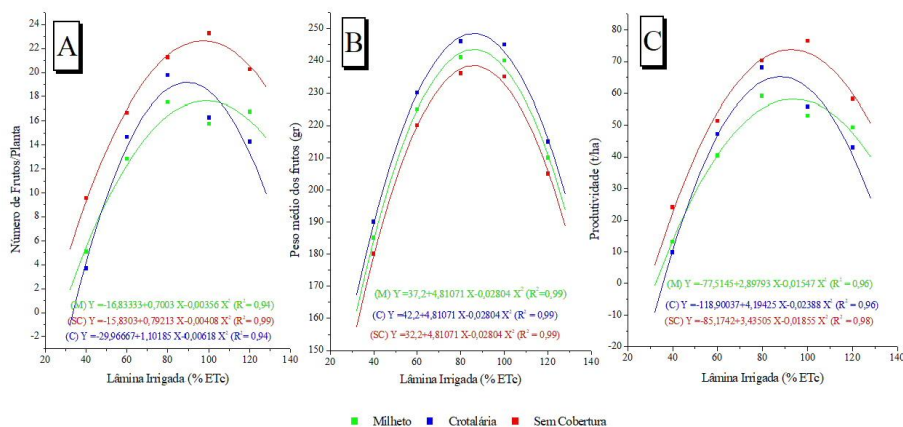


Figura 3: Variáveis produtivas de plantas de berinjela cv. Comprida Roxa, cultivada em diferentes coberturas de solo em função de lâminas de irrigação, em Sinop-MT, 2017.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As coberturas de solo não influenciaram no desenvolvimento e na produtividade da berinjela. As melhores respostas produtivas ocorreram nas lâminas de irrigação de 80 e 100% da ETc. Recomenda-se, novos estudos para avaliação da qualidade dos frutos produzidos nas diferentes coberturas de solo.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Fapemat (Processo: 224121/2015)

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANTONINI, A. C. C. et al. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 646–648, 2006.

CARVALHO, M. M. S. de; LINO, L. L. A. Avaliação dos fatores que caracterizam a berinjela (*Solanum melongena* L .) como um alimento funcional. **Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, v. 39, n. 1, p. 130–143, 2014.

LIMA, M. E. de. et al. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 604–610, 2012.

MAROUELLI, W. A. et al. **Irrigação na cultura da berinjela**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 24p.

SOUZA, A. P. de. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34–43, 2013.

MODIFICAÇÕES FISIOLÓGICAS EM MUDAS DE CEDRO APÓS A APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Maria Eunice Lima Rocha¹; Diana Jhulia Palheta de Sousa²; Jessica Suellen Silva Teixeira³; Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁴; Marlene de Matos Malavasi⁵
Autor para correspondência: eunice_agronomia@yahoo.com.br

¹Discente na pós-graduação (doutorado) na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR;; ²Discente de graduação da agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA; ³Discente na Pós-Graduação na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA; ⁴Docente da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA;; ⁵Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR;

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar as alterações fisiológicas e bioquímicas em *Cedrela fissilis* Vell. após a aplicação de ácido salicílico em mudas submetidas à deficiência hídrica. O delineamento experimental foi arranjado em parcelas subdivididas constituído de 4 doses de ácido salicílico (0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹), 4 tempos de estresse (0, 4, 8 e 12 dias) e 3 repetições. Dentre as avaliações realizadas constaram os teores de nitrato, amônio livre, proteínas, prolina, conteúdo relativo de água (CRA) e trocas gasosas em plantas irrigadas diariamente. O metabolismo do nitrogênio foi alterado em função dos dias de estresse e aplicação de ácido salicílico, além disso, observa-se que o CRA foi variável em função das doses e dias de estresse, isso ocorre porque inevitavelmente os teores serão decrescentes em função da intensificação do estresse. Porém nesse caso notou-se que a dose de 200 mg L⁻¹ do AS atenuou o efeito, mantendo os teores de água nas células. Esse fato é explicado pelo balanço entre os solutos compatíveis, que, em função do desequilíbrio hídrico leva a planta a ajustar osmoticamente o conteúdo celular. Além do mais, a maioria dos parâmetros fisiológicos avaliados não foram alterados para a espécie estudada, consequência dos tratamentos e da baixa sensibilidade do cedro ao estímulo químico, com exceção da eficiência intrínseca do uso de água, que apresentou menores médias à medida que as doses aumentaram.

PALAVRAS-CHAVE: Desequilíbrio;; Osmoticamente;; Solúveis.

PHYSIOLOGICAL MODIFICATIONS IN CEDRO AFTER THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID IN PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the physiological and biochemical changes in *Cedrela fissilis* Vell. after the application of salicylic acid in seedlings submitted to water deficiency. The experimental design was arranged in subdivided plots consisting of 4 doses of salicylic acid (0, 100, 200 and 300 mg L⁻¹), 4 stress times (0, 4, 8 and 12 days) and 3 replicates. Among the evaluations were nitrate, free ammonium, proteins, proline, relative water content (RWC) and gas exchange in daily irrigated plants. Nitrogen metabolism was altered as a function of the days of stress and salicylic acid application; in addition, it was observed that RWC was variable as a function of the doses and days of stress; this is because the levels will inevitably decrease as a function of intensification of stress. However, in this case, the 200 mg L⁻¹ dose of SA attenuated the effect, maintaining the water contents in the cells. This fact is explained by the balance between the compatible solutes, which, due to the water imbalance, causes the plant to osmotically adjust the cellular content. Moreover, most of the physiological parameters evaluated were not altered for the species studied, as a consequence of the treatments and low sensitivity of the cedar to the chemical stimulus, except for the intrinsic efficiency of water use, which presented lower mean values ??as the doses increased.

KEY-WORDS: Imbalance;; Osmotically;; Soluble.

INTRODUÇÃO

Cedrela fissilis Vell. popularmente conhecido como cedro ou cedro rosa pertence à família Meliaceae e apresenta ampla distribuição pelo país, porém é mais frequente na faixa entre Rio Grande do Sul e Minas Gerais. A espécie também é considerada estruturante do dossel, podendo atingir uma altura aproximada de 20 metros (SAKURAGUI et al., 2013).

Nos últimos anos vem crescendo a demanda por mudas de qualidade e em quantidade, principalmente para a utilização na restauração de áreas degradadas e projetos de reflorestamentos, resultando em serviços ambientais, ecológicos, sociais e econômicos (SANTOS et al., 2012).

Contudo, alguns fatores podem limitar a obtenção de mudas de qualidade, dentre estas, os inúmeros estresses as quais são submetidas na fase inicial, como por exemplo, estresse hídrico, luminoso, térmico, entre outros. Desta maneira, o manejo deve ser criterioso e práticas para melhorar o desenvolvimento devem ser utilizadas, a fim de reduzir as perdas por competição intra e interespecífica, pois nesta fase, a planta deve conseguir estabelecer uma relação entre o solo e o sistema radicular garantindo sua sobrevivência no ambiente em que está sendo inserida (FIGUEIREDO et al., 2011).

Dos recursos que as plantas necessitam para se desenvolver, a água é o mais importante e também o mais limitante, além de ser um do mais estudados, visto que a ausência ou presença excessiva desta irá determinar o crescimento, desenvolvimento, produtividade e sobrevivência dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Em condições de estresse hídrico, as plantas alteram os processos fisiológicos, bioquímicos e celulares, dificultando o desenvolvimento normal das plantas, resultando na produção de compostos secundários, ligados a defesa das plantas. As respostas ao estresse serão influenciadas pela intensidade, duração do déficit hídrico, condições climáticas e edáficas (SAINT PIERRE et al., 2012).

Alguns mecanismos são modificados em resposta aos estresses, o ajuste osmótico, por exemplo tem a função de manter a turgência celular e assim, maximizar o aproveitamento de água presente no solo, por meio do acúmulo de solutos compatíveis, dentre os quais, sacarose, nitrato e amônio no vacúolo ou citosol, mantendo o equilíbrio do contínuo solo-planta-atmosfera (ASHRAF et al., 2011).

Naturalmente os vegetais produzem substâncias que atuam no controle de todas as atividades essenciais para o seu desenvolvimento, porém em situações de estresse esses níveis são aumentados, com o objetivo de atenuar os efeitos das condições danosas impostas pelo ambiente. Ademais, a produção hormonal pode ser afetada por vários fatores, sejam estes intrínsecos ou extrínsecos as plantas e por isso, em determinadas situações apenas a produção de hormônios endógenos não é suficiente, neste caso, faz-se a aplicação exógena desses compostos, conhecidos como reguladores vegetais.

O ácido salicílico (AS) é um hormônio vegetal que está envolvido na defesa da planta, ativando genes e moléculas que promovem a tolerância dos vegetais contra estresses abióticos. Em pesquisas desenvolvidas recentemente o AS melhorou a tolerância das plantas aos mais distintos estresses, como a salinidade, osmótico, hídrico, térmico e presença de metais pesados (FAYEZ; BAZAID, 2014; ZHANG et al., 2015).

Cabe ressaltar que a produção de mudas pode ser alterada por vários fatores sejam estes dependentes ou não das plantas, que determinam a qualidade das mesmas, assim, estratégias para melhorar a resistência na fase de viveiro irão refletir na sobrevivência e crescimento das árvores, posteriormente.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Desta forma, a pesquisa objetivou quantificar as alterações fisiológicas e bioquímicas nas folhas e raízes de mudas de *Cedrela fissilis*, resultantes da aplicação de ácido salicílico durante oito semanas e a imposição de estresse hídrico em ambiente protegido.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido com filme de polietileno de baixa densidade e anti-UV de 150 micra de espessura, equivalente a 20% de sombreamento. Na região oeste do Estado do Paraná, latitude de 24° 33' 24" S, longitude de 54° 05' 67" W e altitude de 420 m.

A classificação climatológica segundo Koppen para a região é do tipo Cfa, subtropical mesotérmico úmido, com média anual de temperatura variando entre 22 e 23 °C, caracterizando verões quentes e boa distribuição de chuvas durante o ano, com precipitação entre 1.600 e 1.800 mm (ALVARES et al., 2013; NITSCHKE, 2019).

Os valores de umidade relativa e temperatura durante o período de estresse das mudas foram obtidos diariamente com o auxílio de um *datalogger* (Modelo **KlimaLogg Smart**) e podem ser detalhados a na Figura a seguir.

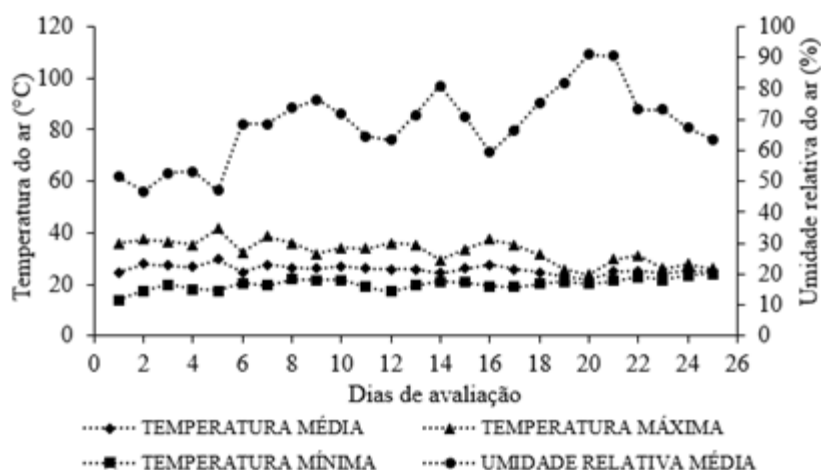


Figura 1- Valores máximo, médio e mínimo de temperatura e média da umidade relativa do ar durante o experimento realizado mudas de *Cedrela fissilis* em ambiente protegido

Após a aplicação das doses de ácido salicílico (0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹), 48 mudas de cedro foram selecionadas, de acordo com o delineamento imposto anteriormente para as doses do regulador vegetal e submetidas a suspensão hídrica, por 4, 8 e 12 dias, com a finalidade de determinar se o AS estaria relacionado com a indução de tolerância nas plantas sob estresse abiótico. Além desses tratamentos, algumas mudas foram selecionadas e irrigadas diariamente para o controle e comparação da variação existente entre plantas sob condições normais e estressadas.

O tratamento controle (0 dias) foi retirado do campo após 12 dias, enquanto os demais tratamentos foram retirados dos vasos a cada 4 dias, quando foi finalizado o período do estresse, pois as análises foram destrutivas e realizadas com todas as repetições.

As mudas com 7 meses de idade foram realocadas para vasos de 5 litros, preenchidos com uma mistura de solo local, com as características de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa e húmus na proporção de 3:1.

Os tratos culturais realizados ao longo do experimento foram irrigação, realizada manualmente, duas vezes ao dia apenas em plantas controle e limpeza dos vasos.

O esquema experimental foi realizado em parcelas subdivididas constituído de 4 doses de ácido salicílico (T1- 0 mg L⁻¹; T2- 100 mg L⁻¹; T3- 200 mg L⁻¹; T4- 300 mg L⁻¹), 4 tempos de estresse (E1-0 dias; E2- 4 dias de suspensão hídrica; E3- 8 dias de suspensão hídrica; E4- 12 dias de suspensão hídrica) e 3 repetições.

As quantificações fisiológicas constaram da determinação do conteúdo relativo de água (CRA) (SLAVICK, 1979), proteínas solúveis totais (Bradford, 1976), prolina (BATES et al., 1973), nitrato e amônio livre (WEATHERBURN et al., 1967).

As avaliações fisiológicas foram determinadas após a aplicação do ácido e em plantas irrigadas diariamente e consistiram no potencial fotossintético, mensurado através das trocas gasosas, dentre os quais, taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO₂ (C_i) em folhas totalmente expandidas e fotossinteticamente ativas, utilizando-se um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha (“Infra Red Gas Analyser–IRGA”, modelo Li-6400 XT, LI-COR). A partir dos índices de trocas gasosas foram determinadas a eficiência de uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i).

Os dados resultantes das avaliações foram submetidos ao teste Bartlett e Shapiro-Wilk, com o objetivo de testar a homogeneidade e normalidade dos dados, seguindo com a análise de variância para confirmação de diferença estatística entre os resultados. Em seguida foi realizada a análise em parcelas subdivididas pelo teste de Tukey (P>0,05).

Para as avaliações que não seguiram as pressuposições estatísticas procedeu-se com a transformação de dados pelo método da raiz quadrada de x e após esse procedimento as médias obtidas foram normais e homogêneas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de 4 dias sem água e na dose de 200 mg L⁻¹ o CRA apresentou aumento em seus teores, maximizando o aproveitamento de água pela planta e demonstrando que nesta condição, o indutor utilizado foi eficiente na indução de tolerância, ajudando no funcionamento das células e equilibrando o teor de água e solutos das mesmas. A média observada foi igual 72,50%.

Aos 12 dias de estresse hídrico, no entanto, o conteúdo de água foi decrescente em relação às plantas irrigadas normalmente e a porcentagem de redução foi de 51,35; 24,27; 33,75 e 40,48% após a aplicação de 0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹, respectivamente.

O maior valor obtido em mudas de *Cedrela fissilis* para o conteúdo relativo de água foi obtido em plantas irrigadas e sem aplicação do ácido, com média aproximada de 76,16%. A menor média, no entanto foi observada aos 12 dias de suspensão hídrica na dose de 300 mg L⁻¹ (34,12%), em alguns casos, doses elevadas de hormônios vegetais ou reguladores podem induzir ou mesmo intensificar os efeitos do estresse, promovendo modificações nas atividades metabólicas essenciais nos vegetais e refletindo em desbalanço do sistema (HAYAT et al., 2010) (Tabela 1).

Tabela 1- Conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	CRA (%)			
	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	76,16 aA	56,71 bB	63,32 aB	37,05 bC
100	63,66 bcA	61,97 bA	58,00 abA	48,21 aB

200	69,83 abA	72,50 aA	52,59 bB	46,26 aB	
300	57,33 cA	59,22 bA	54,62 bA	34,12 bB	
dms *	8,19	dms**	8,01		
CV (%) *	6,25	CV (%)**	7,18		

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha

Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

O nitrogênio é um componente essencial para os processos fisiológicos dos vegetais, atuando na regulação e no crescimento, entretanto existe uma limiar que pode modificar as atividades essenciais positivamente ou negativamente (TAIZ; ZEIGER, 2017), por isso é necessário observar a variação existente e determinar qual a concentração desse composto que pode prejudicar ou não o desenvolvimento das plantas, principalmente nas fases iniciais e prioritariamente em condições ambientais estressantes.

Em condição de estresse, as moléculas a base de nitrogênio são alteradas, entretanto, em mudas de *Cedrela fissilis* não houve interação entre os dias de estresse e doses do regulador vegetal. A diferença significativa foi detectada apenas para as doses de ácido salicílico e as concentrações reduziram à medida que as doses aumentaram, culminando em médias iguais a 0,30; 0,24; 0,09 e 0,04 mmol de nitrato g⁻¹ MS (Tabela 2).

Uma justificativa para tal comportamento é que em condições adversas os mecanismos das plantas tendem a ser inibidos ou paralisados e a enzima redutase do nitrato, responsável pela conversão de nitrogênio na planta pode sofrer essas alterações e assim reduzir esses teores, além do mais, plantas quando estressadas tendem a translocar seus solutos para os órgãos de reserva dos vegetais, nesse caso a raiz, aumentando seus teores, porém, para essa espécie não se observou diferença entre as concentrações de nitrato e o valor obtido foi igual a 0,14 mmol de nitrato g⁻¹ MS.

Tabela 2-Teor de nitrato em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	Nitrato (mmol de nitrato g ⁻¹ MS)
0	0,30 a
100	0,24 a
200	0,09 b
300	0,04 b
dms	0,13
CV (%)	15,15

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ademais, em condição de estresse os mecanismos das plantas tendem a ser inibidos ou paralisados e a enzima redutase do nitrato que faz a conversão de nitrogênio na planta pode sofrer essas alterações e assim reduzir esses teores, além do mais, em situações extremas de luminosidade ou temperatura pode ocorrer o transporte de substâncias das folhas para as raízes e assim diminuir as concentrações na parte aérea (SHARNER; BOYER, 1976). Como pode ser visualizado na Figura 1, as temperaturas foram discrepantes, e os valores máximos e mínimos obtidos foram iguais a 41,40 e 14 °C, respectivamente. Essas variações podem ter contribuído para a alternância dos solutos nas folhas e raízes como estratégia para tolerar as condições de estresse.

Semelhante ao observado com o nitrato, os teores de amônio também podem variar em função das concentrações de água presentes no solo ou substrato, visto que, a principal forma de aquisição dessas dois componentes do metabolismo vegetal é via absorção pelas raízes, ademais, as células não podem absorver grandes quantidades para acumular, pois concentrações excessivas podem resultar em toxidez (FERREIRA et al., 2002).

Quando se avaliou as concentrações de amônio livre em mudas de cedro após 4 dias sem água notou-se que houve redução nas suas concentrações, isso é explicado pelo fato de que os hormônios são exigidos em pequenas concentrações e altas doses podem resultar em desequilíbrio osmótico (Tabela 3).

Entretanto, os vegetais apresentam um mecanismo de controle quando se trata de alterações abruptas em suas atividades normais, por isso, a dose de 300 mg L⁻¹ pode ter resultado em redução nos teores do osmorregulador quantificado a fim de sinalizar e ativar mecanismos secundários de proteção (WITTEK et al., 2015).

As médias obtidas para as mudas submetidas aos 4 dias de estresse foram de 52,76; 57,67; 66,58 e 25,67 mmol de NH₄⁺ kg⁻¹ de MS com o aumento das doses do AS, os tratamentos 1, 2 e 3, no entanto, não diferiram e a redução em porcentagem foi de 51,35% da dose de 0 a 300 mg L⁻¹ (Tabela 3).

Aos 8 dias sem irrigação, os resultados foram contrastantes, pois houve incremento à medida que as doses de ácido salicílico aumentaram, esses resultados elevados podem ser negativos, porque altas concentrações desse composto são prejudiciais para a planta, pois diferente do nitrato, o amônio não pode ser armazenado no vacúolo, podendo prejudicar a síntese de ATP direcionada pela luz (SOUZA; CARVALHO, 2000).

Esses teores também podem ser influenciados pelo tempo de exposição ao estresse e por isso os resultados foram divergentes dos obtidos anteriormente, resultando nas seguintes médias 28,63; 39,33; 39,67 e 58,10 mmol de NH₄⁺ kg⁻¹ de MS e o percentual equivalente ao aumento foi de 102,93% (Tabela 3).

Tabela 3- Teor de amônio livre em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	Amônio livre (mmol de NH ₄ ⁺ kg ⁻¹ de MS)			
	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	17,99 aB	52,76 aA	28,63 bB	25,10 aB
100	14,75 aC	57,67 aA	39,33 bB	33,26 aB
200	16,36 aC	66,58 aA	39,67 bB	29,64 aBC
300	19,66 aB	25,67 bB	58,10 aA	22,47 aB
dms *	1,18	dms**	1,10	

CV (%) *	8,63	CV (%)**	11,25	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha

Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Ao se determinar os teores de amônio livre em raízes de *Cedrela fissilis* não se observou interação entre os fatores empregados e a diferença só foi detectada para as doses de ácido salicílico.

A maior média foi observada na dose de 300 mg L⁻¹, isso pode ter ocorrido porque altas concentrações do indutor podem ter sinalizado proteínas específicas dos vegetais para transportar o amônio das folhas para as raízes, devido à alta mobilidade desse íon na célula esse transporte ocorre rapidamente em condições estressantes, garantindo acúmulo de reservas nutricionais e energéticas e promoção do ajuste osmótico (Tabela 4).

As médias foram de 22,61; 21,13; 23,65 e 37,98 para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹, porém apenas para o tratamento com a dose máxima do regulador vegetal houve diferença significativa e o aumento foi de 67,98% (Tabela 4).

O amônio pode ser influenciado pelo teor de prolina, pois a alta concentração deste último gera desintoxicação do excesso de amônio e assim a estabilização das proteínas e aminoácidos presentes nos vegetais, fato este observado na pesquisa, pois o teor de prolina nas plantas irrigadas normalmente também foram maiores na dose máxima do AS (Tabela 4) (KAVI KISHOR et al., 2005).

Tabela 4- Teor de amônio livre em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	Amônio livre (mmol de NH ₄ ⁺ kg ⁻¹ de MS)
0	22,61 b
100	21,13 b
200	23,65 b
300	37,98 a
dms	0,75
CV (%)	13,12

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na tabela 5, nas doses de 100 e 300 mg L⁻¹ se obteve os maiores valores de proteínas em plantas submetidas a 4 dias de estresse e as médias foram de 8,19e 10,78 mg proteínas g⁻¹ MS. Demonstrando que dependendo da espécie, período de imposição dos tratamentos e condições edafoclimáticas os resultados serão divergentes.

Na dose de 200 mg L⁻¹ o ácido amenizou os efeitos do estresse, aumentando os teores de proteínas aos 12 dias de estresse e a média foi igual a 8,47 mg proteínas g⁻¹ MS, porém não diferiu da suspensão hídrica de 4 dias.

Em plantas irrigadas não houve diferença significativa entre os tratamentos com média de 3,05 mg proteínas g⁻¹ MS. Aos 4 dias, no entanto, o maior resultado foi obtido na dose máxima do indutor, podendo indicar, que nessa situação específica o regulador pode ter facilitado o acúmulo de proteínas nas folhas, permitindo que com a intensificação do estresse essa substância seja usada para amenizar o choque da deficiência hídrica, equilibrando o contínuo solo-planta e conseqüentemente a condução de água e nutrientes via xilema por meio da proteção osmótica.

Tabela 5- Teor de proteínas em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	Proteínas (mg proteínas g ⁻¹ MS)			
	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	1,95 bA	3,99 cA	3,62 aA	2,45 bA
100	2,63 abBC	8,19 bA	5,04 aB	1,85 bC
200	2,89 abB	7,79 bA	5,06 aB	8,47 aA
300	4,71 aB	10,78 aA	5,03 aB	6,18 aB
dms *	2,42	dms**	2,68	
CV (%) *	23,63	CV (%)**	13,94	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha

Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Não houve interação entre as doses de ácido salicílico e os dias de estresse para as proteínas presentes em raízes de plantas jovens de cedro, além disso, os fatores isoladamente não apresentaram diferença estatística significativa (P>0,05). As médias gerais obtidas para as espécies foram de 3,91 mg proteínas g⁻¹ de MS.

A prolina tem a função de osmorregulação, estabelecimento de membranas e na preservação da estrutura das proteínas, além de eliminar radicais livres e ajustar o potencial redox nas células. Esse aminoácido atua como reserva de carbono e nitrogênio na desintoxicação do excesso de amônia e a estabilização de membranas (KAVI KISHOR et al., 2005).

Além disso, esse composto tem seu conteúdo aumentado em razão de estresses abióticos, podendo aumentar em até 100% em condições de estresse hídrico (CVIKROVÁ et al., 2013).

Porém isso não foi observado nos teores de prolina presente nas folhas de cedro, em virtude de os valores não terem externado diferença significativa entre os tratamentos e a média geral obtida foi de 1,42 umol de Pro g⁻¹ MS.

Resultados contrastantes foram obtidos por Khan et al. (2013), onde a dose de 0,5 mM do ácido salicílico amenizou o estresse térmico em plantas de *Triticum aestivum* L. por meio do aumento nas concentrações de prolina.

Em raízes, todavia, as mudas de *Cedrela fissilis* irrigadas normalmente apresentaram acréscimo nos teores de prolina com o aumento nas concentrações do ácido e a dose que apresentou maior média foi a de 300 mg L⁻¹ (0,55 umol de Pro g⁻¹ MS), porém esse tratamento não deferiu das demais doses, como pode ser visualizado na Tabela 6.

Isso ocorre porque a planta usa mecanismos de defesa para tolerar condições estressantes, redistribuindo os fotoassimilados para as diversas partes, ajudando a manter atividades essenciais dos vegetais. Ademais, o AS atua na proteção contra estresses abióticos, aumentando seus teores para regular o fluxo de água nas células, além de ativar enzimas e proteínas que farão a amplificação dos sinais, respondendo a condição imposta da deficiência hídrica (HAYAT et al., 2010; TAIZ; ZEIGER, 2017).

A fim de promover a regulação osmótica na condição de estresse imposta nas mudas houve aumento nas concentrações de prolina, demonstrando que o ácido sinalizou a planta para ativar mecanismos de defesa contra o estresse hídrico, aumentando os solutos e equilibrando o meio intra e extracelular.

Após 4 e 8 dias de suspensão hídrica os maiores teores de prolina foram observados na dose de 200 mg L⁻¹ e as médias foram de 3,61 e 4,87 umol de Pro g⁻¹ MS, este, por sua vez, não diferiu da dose de 300 mg L⁻¹ (Tabela 6).

Tabela 6- Teor de prolina em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	Prolina (umol de Pro g ⁻¹ MS)			
	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	0,14 bB	1,08 bA	0,86 bA	1,30 aA
100	0,34 aB	1,29 bAB	1,91 bA	0,67 aB
200	0,40 aC	3,61 aB	4,87 aA	0,43 aC
300	0,55 aC	1,24 bB	4,49 aA	0,44 aC
dms *	0,37	dms**	0,34	
CV (%) *	13,93	CV (%)**	18,47	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha

Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Para o parâmetro assimilação líquida de CO₂ em plantas irrigadas diariamente os resultados não externaram diferença significativa (P>0,05) à medida que as doses de ácido salicílico aumentaram para ambas as espécies e a média obtida foi igual a 5,54 μmol m⁻² s⁻¹

Resultados similares foram obtidos por Mazzuchelli et al. (2014) em plantas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13) sob estresse hídrico e submetidas a aplicação de AS nas mesmas doses descrita na pesquisa e a média geral foi de $13,74 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Temperaturas próximas de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ pode impedir a assimilação de CO_2 em plantas C_3 e conseqüentemente inativar a enzima responsável pela captação de CO_2 , a Rubisco, resultando em fechamento estomático e a redução na produção de fotoassimilados (OLIVEIRA et al., 2005).

Outra variável que não foi alterada em função do tratamento com o ácido salicílico foi a concentração interna de CO_2 e a concentração variou de 212,63 para 288,45 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Ambos os parâmetros mencionados anteriormente se correlacionam e assim, a maior concentração de CO_2 nas folhas é resultado da maior assimilação nas plantas, entretanto, se qualquer atividade bioquímica ou fisiológica for afetada haverá desequilíbrio na planta como um todo (JADOSKI et al., 2005). No trabalho, as taxas obtidas quando se avaliou a condutividade estomática foram baixas, resultando, conseqüentemente em baixa assimilação e fixação de carbono, menor produção de fotossintatos e maior gasto energético, reduzindo assim, o crescimento e desenvolvimento vegetal.

Além disso, esses fatores são resultantes da variação climática, principalmente a temperatura, pois valores extremos para essa variável resulta em fechamento imediato dos estômatos e redução das atividades fotossintéticas, principalmente a assimilação de CO_2 . A média para o parâmetro condutância estomática foi igual a $0,097 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e os valores não mudaram em função. Assim como o parâmetro anterior, a transpiração não variou em função dos tratamentos, com médias variando entre 2,28 e $3,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

O parâmetro eficiência do uso de água em mudas de cedro não apresentou diferença ($P>0,05$) com a aplicação de ácido salicílico.

A relação entre a fotossíntese e transpiração indica a eficiência instantânea do uso de água, demonstrando a quantidade de carbono que a planta fixa a cada molécula de água perdida (JAIMEZ et al., 2005). A EiUA na espécie após a aplicação de 300 mg L^{-1} de AS resultou em menor média, igual a 43,27 que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, como pode ser visualizado na Figura 2.

A EUA e EiUA podem ter grande importância na determinação do manejo de viveiro, além de prever sobre quais condições climáticas as plantas se encontravam, pois, principalmente altas temperaturas e baixa umidade podem ocasionar condições estressantes e irreversíveis para o metabolismo vegetal. Ademais, em tese, tecidos com menor lignificação e conseqüentemente menos rustificados podem apresentar menor controle estomático, e conseqüentemente maior perda de água (FIGUEIREDO et al., 2014).

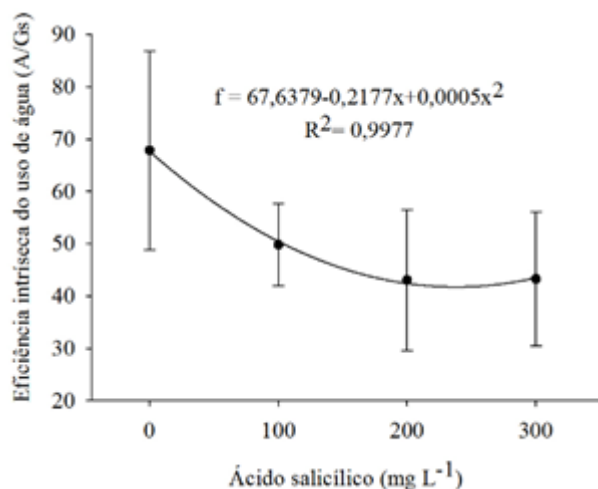


Figura 2- Eficiência intrínseca do uso de água (EiUA) em mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico

Assim, os parâmetros relacionados ao controle ambiental são importantes, pois facilita a escolha das espécies mais apropriadas para cada local, pois são importantes indicadores do desenvolvimento das plantas em condições específicas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O metabolismo de nitrogênio foi alterado em função dos dias de estresse e aplicação de ácido salicílico, além disso, observa-se que o teor relativo de água alterou significativamente os solutos compatíveis, tanto nas folhas quanto na raiz.

Em mudas de *Cedrela fissilis* o maior valor obtido para o CRA foi em plantas irrigadas normalmente e sem aplicação do ácido (76,16%) e a menor média foi observada aos 12 dias de suspensão hídrica na dose de 300 mg L⁻¹ (34,12%), demonstrando que para essa espécie, doses mais altas intensificaram o efeito do estresse, reduzindo drasticamente o conteúdo de água e por isso não são recomendados. Além disso, é notório que a aplicação dos tratamentos estressou a espécie estudada, porém na concentração de 200 mg L⁻¹ houve atenuação do efeito do estresse hídrico, demonstrando vantagens na utilização do regulador vegetal. Os parâmetros que não foram alterados em função dos tratamentos consistiram em concentrações de proteínas, nitrato presente nas raízes e prolina em folhas não externaram diferença significativa em função das doses do ácido e estresse hídrico.

Além disso, houve redução na eficiência intrínseca do uso de água e a dose de 200 mg L⁻¹ resultou em maior perda de água e conseqüentemente maior assimilação de gás carbônico.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A CAPES e ao CNPq pelo suporte e apoio financeiro aos autores.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de. M.; SPAROVEK, G. K. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, jan. 2013. Disponível em: <http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ARTECA, R. N.; FOOLAD, M. R. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 29, n. 3, p. 162-190, out./ ago. 2011. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352689.2010.483580>>. Acesso em: 23 out. 2017.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 39, p. 205-207, nov. 1973. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2F978-94-007-1806-0?LI=true>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, United States, v. 72, p. 248-254, set. 1976. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02374789>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in proline over producing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Roma, v.73, p.7-15, dez. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942813002994>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

FAYEZ, K. A.; BAIZAD, S. A. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, SA, v.13, n.1, p.45-55, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X13000027>>. Acesso em: 23 set. 2017.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRAS, L. E. M.; PURCINO, A. A. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 13-17, mar./mai. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000100003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 02 jun. 2017.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. de. A.; CARNEIRO, J. G. de. A.; PENCHEL, R. M.; CAMPOSTRINI, E.; THIEBAUT, T. L. Trocas gasosas, relações hídricas e eficiência fotoquímica em mudas clonais de eucalipto com permanência prolongada em tubetes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 42, n. 104, p. 523-532, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=07&Number=104>>. Acesso em: 27 set. 2017.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. de. A.; CARNEIRO, J. G. de. A.; PENCHEL, R. M.; CAMPOSTRINI, E.; THIEBAUT, T. L. Trocas gasosas, relações hídricas e eficiência fotoquímica em mudas clonais de eucalipto com permanência prolongada em tubetes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 42, n. 104, p. 523-532, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=07&Number=104>>. Acesso em: 27 set. 2017.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 68, n. 1, p. 14-25, mar. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847209001579>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.1, p.11-19, jan./jun. 2005. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/116/123>> Acesso em: 23 set. 2017.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NUNES, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 79-89, mar. 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423804001098>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

KAVI KISHOR P. B; SANGAM S; AMRUTHA R. N; SRI LAXMI P; NAIDU K. R; RAO K. R. S. S; RAO S; REDDY K. J; THERIAPPAN P; SREENIVASULU N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, v.88, n.3, p. 424-438, fev. 2005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC543257/>>. Acesso em 04 ago. 2017.

KHAN, M. I. R.; IQBAL. N.; MASOOD, A.; PER, T. S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. **Plant Signaling & Behavior**, Estados Unidos, v. 8, n. 11, p. 237-246, dez./set. 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4091357/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, GO, v. 44, n. 4, p. 443-450, out./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v44n4/v44n4a12.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. Atlas climático do estado do Paraná. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/AtlasClimaticoPR.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.25, p.86-95, jan./abr. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000100010>. Acesso em 09 nov. 2017.
- SAINT PIERRE, C.; CROSSA, J. L.; BONNETT, D.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; REYNOLDS, M. Phenotyping transgenic wheat for drought resistance. **Journal Experimental Botany**, Oxford, EUA, n. 63, p. 1799-1808. 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22213810>>Acesso em: 21 fev. 2018.
- SAKURAGUI, C. M.; STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B. Meliaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013. 180p.
- SANTOS, P. L.; FERREIRA, R.A.; ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 237-245, mar./abr. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200005>>. Acesso em: 24 nov. 2017.
- SHARNER, D. L.; BOYER, J. S. Nitrate reductase activity in maize (*Zea mays* L.) leaves. I. Regulation by nitrate flux. **Plant Physiology**, Maryland, Estados Unidos, v. 58, n. 4, p. 499-504, out. 1976. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC543257/>>. Acesso em 04 ago. 2017.
- SLAVICK, B. Methods of studying plant water relations. Nova York, Springer Verlag. p. 449. Jul. 1979. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/44480460_Methods_of_Studying_Plant_Water_Relation>. Acesso em 20 ago. 2017.
- SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.24, n.4, p.905-916, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362010000300004>. Acesso 02 dez. 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Estresse abiótico. In: _____ . **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed. cap. 24, 2017, p.731-759.
- WEATHERBURN, M. W. Phenol hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, Estados Unidos, v. 39, p. 971-974, jul. 1967. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60252a045?journalCode=ancham>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- WITTEK, F.; KANAWATI, B.; WENIG, M.; HOFFMANN, T.; FRANZ-OBERDORF, K.; SCHWAB, W.; VLOT, A. C. Folic acid induces salicylic acid-dependent immunity in Arabidopsis and enhances susceptibility to *Alternaria brassicicola*. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 6, p. 616-622, ago./dez. 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mpp.12216/full>>. Acesso em: 23 jul. 2017.
- ZHANG Y., XU S., YANG S., CHEN Y. Salicylic acid alleviates cadmium-induced inhibition of growth and photosynthesis through upregulating antioxidant defense system in two melon cultivars (*Cucumis melo* L.). **Protoplasma**, Alemanha, v. 252, n. 3, p. 911-924. mai./nov. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25398649>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

METABOLISMO DO CARBONO EM MUDAS DE AROEIRA SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Maria Eunice Lima Rocha¹; Fernanda Ludmyla Barbosa de Souza²; Mayra Taniely Ribeiro Abade³; Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁴; Marlene de Matos Malavasi⁵
Autor para correspondência: eunice_agronomia@yahoo.com.br

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ²Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ³Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ⁴Universidade Federal Rural da Amazônia; ⁵Universidade Estadual do Oeste do Paraná

RESUMO

O ensaio objetivou avaliar o metabolismo do carbono em mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. após a aplicação de ácido salicílico submetidas ao déficit hídrico em ambiente protegido. O ensaio foi arranjado em parcelas subdivididas constituído de quatro doses de ácido salicílico (AS) (0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹), quatro períodos de déficit (0, 4, 8 e 12 dias) e 3 repetições. As avaliações realizadas consistiram na quantificação dos teores de amido, carboidratos e conteúdo relativo de água (CRA) na folha. Para o conteúdo relativo de água a menor média para esse parâmetro foi obtida na dose de 300 mg L⁻¹ (22,87%) e aos 12 dias, demonstrando que para essa espécie, mesmo doses mais altas não foram suficientes para atenuar o efeito do estresse hídrico, intensificando as perdas de água. Para os teores de carboidratos não houve diferença significativa para as doses e dias de estresse hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Sacarose; Osmoticamente; Conteúdo relativo de água

CARBON METABOLISM IN AROEIRA SEEDLINGS SUBMITTED TO WATER STRESS IN PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the carbon metabolism in *Schinus terebinthifolius* Raddi. after the application of salicylic acid in seedlings submitted to water deficiency and in protected environment. To elaborate the work the scheme was arranged in subdivided plots consisting of 4 doses of salicylic acid (SA) (0, 100, 200 and 300 mg L⁻¹), 4 stress times (0, 4, 8 and 12 days) and 3 repetitions. The evaluations consisted of the quantification of the contents of starch, carbohydrates, sucrose and relative water content (RWC). For the relative water content the lowest mean for this parameter was obtained at the dose of 300 mg L⁻¹ (22.87%) and at 12 days, demonstrating that for this species, even higher doses were not sufficient to attenuate the effect of water stress, intensifying water losses. For the carbohydrate contents there was no significant difference for the doses and days of water stress.

KEY-WORDS: Sucrose; Osmotically; Relative water content.

INTRODUÇÃO

Schinus terebinthifolius é uma espécie lenhosa nativa, conhecida como aroeira-vermelha pertencente à família Anacardiaceae, com ampla distribuição geográfica, sendo encontrada desde o Nordeste até Sul do País, com destaque para o Rio Grande do Sul e Pernambuco (CARVALHO et al., 2013).

A planta pode ser exposta a inúmeras condições, vantajosas ou não, entretanto, quando submetidas a condições estressantes haverá ativação de metabolitos específicos relacionados a defesa do vegetal, entre estes, os hormônios, desta maneira a aplicação exógena dos mesmos facilitar e acelerar algumas respostas biológicas que promovem alterações morfofisiológicas, tornando as mudas aptas para o plantio a campo, por melhorar sua rusticidade (GONÇALVES et al., 2014).

Uma estratégia é o uso de reguladores vegetais, como por exemplo o ácido salicílico, que é um hormônio vegetal que desempenha várias funções nas plantas como regulação da germinação, crescimento, desenvolvimento, amadurecimento, abscisão foliar, transpiração e interferência na absorção de água e solutos pelas raízes (SHARAFIZAD et al., 2013).

Em plantas submetidas ao déficit hídrico o principal mecanismo de proteção é o ajuste osmótico, que se baseia no aumento ou redução de solutos, dentre os quais, sacarose, carboidratos, e aminoácidos entre outros a fim de equilibrar a perda de água pelas células, mantendo a turgescência das células (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O ensaio objetivou avaliar o metabolismo do carbono em mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. após a aplicação de ácido salicílico submetidas ao déficit hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido com filme de polietileno de baixa densidade e anti-UV de 150 micra de espessura, equivalente a 20% de sombreamento localizado no oeste do Estado do Paraná com coordenadas geográficas de 24° 33' 24'' S e 54° 05' 67'' W e altitude de 420 m.

As mudas anteriormente em tubetes e com aproximadamente 7 meses de idade foram transplantadas para vasos de 5 litros e preenchidos com uma mistura de solo local (LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa) e húmus na proporção de 3:1.

Para o ensaio, 48 mudas da espécie *S. terebinthifolius* após a aplicação do ácido salicílico nas doses descritas abaixo foram submetidas ao déficit hídrico por períodos de 0, 4, 8 e 12 dias. As mudas controle (0 dias) foram irrigadas diariamente até o término do período do ensaio. Os demais tratamentos foram retirados dos vasos a cada 4 dias, quando foi finalizado o período do déficit, pois as análises foram destrutivas e realizadas em todas as repetições.

O delineamento experimental foi arranjado em parcelas subdivididas constituído de quatro doses de ácido salicílico (T1- 0 mg L⁻¹; T2- 100 mg L⁻¹; T3- 200 mg L⁻¹; T4- 300 mg L⁻¹), quatro períodos de déficit (E1-0 dias; E2- 4 dias de suspensão hídrica; E3- 8 dias de suspensão hídrica; E4- 12 dias de suspensão hídrica) e 3 repetições.

As análises realizadas consistiram na determinação do conteúdo relativo de água, amido e carboidratos em folhas localizadas no terço médio da folhagem e completamente expandidas. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade e de normalidade dos dados para testar as pressuposições estatísticas, seguindo da análise de variância. Quando os dados apresentaram significância pelo teste F, procedeu-se a comparação de médias utilizando Tukey (P>0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 8 dias de estresse a dose de 200 mg L⁻¹ resultou em maior média de CRA (73,70%), demonstrando que em determinadas condições o indutor de crescimento pode atenuar os efeitos do estresse hídrico, preservando e aumentando as concentrações de água na célula. O mesmo pode ser observado em mudas irrigadas diariamente, onde a dose de 200 mg L⁻¹ aumentou o conteúdo de H₂O no meio celular, porém sem diferença (P>0,05) para os demais tratamentos (Tabela 1).

Ao avaliar os períodos de déficit em função das doses de AS observou-se que independente das doses houve redução do valor de CRA e as porcentagens para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹ foram de 59,17; 49,39; 48,78 e 67,06%.

Naturalmente, em condição de estresse a planta irá apresentar redução na quantidade de água nas células (TAIZ; ZEIGER, 2017), porém é interessante estudar práticas que amenizem os efeitos resultantes das condições adversas permitindo que a planta continue com suas atividades, mesmo que de forma limitada (Tabela 1).

Tabela 1- Conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	CRA (%)			
	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	83,89 aA	56,99 bB	52,64 bB	34,25 abC
100	75,42 abA	59,65 abB	54,97 bB	38,17 aC
200	83,49 aA	67,61 abB	73,70 aAB	42,76 aC
300	69,42 bA	68,95 aA	49,67 bB	22,87 bC
dms *	11,83	dms**	11,88	
CV (%) *	9,33	CV (%)**	9,86	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha/ Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Além disso, Hayat et al. (2010) provou o benefício da aplicação de menores concentrações de AS, promovendo alterações na fisiologia e morfologia das plantas em condições de estresse hídrico.

Para a determinação de carboidratos não se detectou diferença (P>0,05) tanto para doses de ácido salicílico como para os períodos de déficit (média geral de 2,35 umol carboidratos g⁻¹ de MS).

Em relação as concentrações de amido, os valores foram crescentes após 0 e 12 dias sem água e com o aumento das doses do ácido salicílico. As maiores médias calculadas foram de 1,78 e 2,61 umol de glicose g⁻¹ MS em folhas de *S. terebinthifolius* para a dose de 200 mg L⁻¹ (Tabela 2). Porém em mudas controle irrigadas normalmente ao longo do teste não houve diferença (P>0,05) em função do aumento nas doses do ácido salicílico e as médias 1,34; 1,29; 1,78 e 1,57 umol de glicose g⁻¹. Hipotiza-se que o déficit imposto não foi suficiente para alterar o conteúdo de solutos, dentre os quais os teores de amido.

Nas folhas, em determinadas condições o amido pode ser hidrolisado e transportado para a raiz, órgão de reserva prioritário, oxidado com o objetivo de utilizar a energia presente nele para realizar as atividades metabólicas essenciais, baseado no fato que os vegetais aproveitam os açúcares na forma mais simples, justificando reduções em suas concentrações (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Tabela 2- Teor de amido em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Amido (umol de glicose g ⁻¹ de matéria seca-MS)						
Ácido salicílico (mg L ⁻¹)	Estresse hídrico (dias)					
	0	4	8	12		
0	1,34 bB	2,54 aA	2,72 aA	1,43 cB		
100	1,29 bB	2,39 aA	1,98 bA	1,24 cB		
200	1,78 aB	2,43 aA	2,71 aA	2,61 aA		
300	1,57 abBC	1,46 bC	2,85 aA	2,01 bB		
dms *	0,43	dms**	0,46			
CV (%) *	10,1	CV (%)**	8,89			

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha/ Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Para o conteúdo relativo de água a maior média foi obtida em plantas irrigadas normalmente e sem a aplicação de AS, porém a dose de 200 mg L⁻¹ não diferiu estatisticamente desta. A menor média para esse parâmetro foi obtida na dose de 300 mg L⁻¹ aos 12 dias, destacando que, para alguns casos, doses excessivas podem ser mais prejudiciais do que benéficas e por isso houve intensificação da perda de água. O amido foi variável em função dos dias de estresse e doses do AS nas folhas e o maior teor foi obtido aos 8 dias de estresse, na dose de 300 mg L⁻¹, não diferindo da dose de 200 mg L⁻¹ e tratamento controle. Os carboidratos não foram alterados em função das doses e dias de suspensão hídrica.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A CAPES e ao CNPq pelo suporte e apoio financeiro aos autores.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, SP, v. 15, n. 1, p. 158-169, dez./jul. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722013000100022>. Acesso em: 10 ago. 2017.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 97, p. 1-10, set. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847213001391>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

GONÇALVES, K. S.; SOUSA, A. P.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; PAZ, V. P. S. Application of potassium phosphite to eucalyptus submitted to water stress. in: Inovagri International Meeting, 2014, Fortaleza, CE, Brasil. **Anais...Fortaleza Inovagri International Meeting, 2014**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271375247_Application_of_Potassium_Phosphite_to_Eucalyptus_Submitted_to_Water_Stress>. Acesso em 24 nov. 2017.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 68, n. 1, p. 14-25, mar. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847209001579>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, n. 12, p. 660-666, dez./set. 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24001766>>. Acesso em: 10 out. 2017.

SHARAFIZAD, M.; NADERI, A.; SIADAT, S. A.; SAKINEJAD, T.; LAK, S. Effect of salicylic acid pretreatment on germination of wheat under drought stress. **Journal of Agricultural Science**, Reino Unido, v.5, n.3, p.179-199, nov./dec. 2013. Disponível em: <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/24874/15516>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Estresse abiótico. In: _____ . **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed. cap. 24, 2017, p.731-759.

SOMA TÉRMICA NO CULTIVO DA BANANEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Derblai Casaroli¹; Charlismã Amorim do Couto¹; Angélica Daiane Lemos do Prado¹; Eli Regina Barboza de Souza¹; José Alves Júnior¹
Autor para correspondência: derblai@ufg.br

¹Universidade Federal de Goiás

RESUMO

A necessidade térmica para a previsão dos estádios fenológicos, bem como da produtividade, tem sido utilizada no planejamento de diversas culturas, como a bananeira. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os estádios fenológicos e a produtividade de cultivares de bananeira em função da soma térmica, em sistema irrigado e não irrigado. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, em quatro ciclos de produção. Os tratamentos formaram um esquema bifatorial 2x4 (2 regimes hídricos; 4 cultivares), no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A soma térmica (ΣGD) foi detectada: i) do plantio a emissão da inflorescência; ii) da inflorescência a colheita; iii) do plantio a colheita. Em geral, a ΣGD foi diferente entre as cultivares, com alta influência do ciclo de produção. A BRS Conquista apresentou ciclo mais longo, com ΣGD maiores. Já as cultivares SH3640 Graúda e BRS Japira mostraram ciclos medianos, e a BRS Platina ciclo curto. Os ajustes de regressão entre a ΣGD e a produção foram lineares ($R^2 > 0,95$). A ΣGD pode ser recomendada para a detecção de estádios fenológicos na cultura da bananeira.

PALAVRAS-CHAVE: Graus-dia; Déficit hídrico; Fenologia

THERMAL SUM IN THE BANANA CROP UNDER DIFFERENT LEVELS OF WATER STRESS

ABSTRACT

The thermal need for the prediction of phenological phases, as well as productivity, has been used in different crops, such as banana. The aim of this work was to characterize the phenological phases and yield of banana cultivars as a function of the thermal sum in irrigated and non-irrigated systems. The experiment was carried out at the Federal University of Goiás (Goiânia, GO, Brazil), with four cycles of production. Treatments were arranged in a 2x4 factorial scheme (2 water regimes; 4 cultivars), in a randomized block design, with four replications. The thermal sum (ΣGD) was determined: i) from the planting the emission of the inflorescence; ii) from inflorescence to harvest; iii) from planting to harvesting. In general, ΣGD was different among the cultivars, with high influence of the production cycle. Thus, the BRS Conquista presented a longer cycle, with larger ΣGD . The cultivars SH3640 Graúda and BRS Japira showed medium cycles, and BRS Platina short cycle. Linear regression were adjusted ($R^2 > 0,95$) between ΣGD and production. The ΣGD can be recommended for the detection of phenological phases in the banana crop.

KEY-WORDS: Degree-day; Water deficit; Phenology

INTRODUÇÃO

O Estado de Goiás se destaca dentre os produtores da região Centro-Oeste, apresentando produção de 199.000 t e produtividade média de 14.740 kg ha⁻¹ (IBGE, 2017). A banana possui grande aceitação pelos consumidores brasileiros, sendo fonte de compostos bioativos como compostos fenólicos, vitamina C, carotenóides e também antioxidantes, e ainda, apresenta um baixo custo de produção, e assim, um alto benefício/custo (Ramu et al., 2017). A bananeira tem como faixa ótima de temperatura do ar de 28-30 °C, além de necessitar de lâminas pluviométricas entre 1.200 e 1.800 mm ano⁻¹ (Fonseca et al., 2004), ou mensal de 100 a 150 mm (Coelho, 2013). Ressalta-se que sob irrigação a produtividade média pode chegar de 25 a 30 t ha⁻¹ (Bezerra et al., 2017). Dessa forma, a escolha de variedades mais adaptadas às variações agrometeorológicas, mais responsivas a água (quando cultivadas com irrigação) e mais tolerantes ao déficit hídrico (quando em sequeiro) permitem um maior grau de sucesso no cultivo da bananeira.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Caracterizar o comportamento fenológico e a produtividade de cultivares de bananeira em função da soma térmica, sob sistemas irrigado e não irrigado, nas condições climáticas da região central do Estado de Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO (16,59' 60,42'' S; 49,27' 91,96'' W; 730 m), que segundo Köppen possui clima do tipo Aw. Os dados agrometeorológicos foram obtidos em estação automática. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico. O plantio das mudas foi manual (30/10/2013). Cada parcela experimental foi composta de cinco plantas (espaçamento: 2,0x3,5 m; 1.428 plantas ha⁻¹). A irrigação foi realizada por microaspersores (50 L h⁻¹ emissor⁻¹), sendo ligado três vezes por semana, durante duas horas, de forma a suplementar as chuvas, usando a profundidade efetiva das raízes Ze=0,60 m (Sant'Ana, 2012), e coeficientes de cultura (Kc) para as diferentes fases do desenvolvimento: Crescimento vegetativo (0,38 a 0,53); Floração (0,74 a 0,85); Crescimento de frutos (0,98 a 1,13) (Conceição et al., 2017). Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema bifatorial 2x4 (2 regimes hídricos: irrigado e não irrigado; 4 cultivares: BRS Japira, SH3640 Graúda, BRS Platina e BRS Conquista). A soma térmica foi obtida pela determinação dos graus-dia (GD) (Ometto, 1981), sendo as temperaturas basais inferior e superior iguais a Tb=14,6 °C e TB=36 °C, respectivamente (Figueiredo et al., 2006). Os cachos foram colhidos no estágio 2 de coloração da casca (verde-maduro), sendo verificadas suas massas (kg). Foi realizada uma análise de variância (ANOVA), com testes de comparação de médias entre os tratamentos. Além disto, realizaram-se uma análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico para a bananeira detectou déficits hídricos distintos entre os ciclos, correspondentes a 70, 126, 30 e 70 mm (1º, 2º, 3º e 4º ciclo, respectivamente) na área irrigada, e de 693, 754, 620 e 603 mm (1º, 2º, 3º e 4º ciclo, respectivamente) para a área não irrigada. A irrigação propiciou uma redução de 92% do déficit hídrico. O teste F indicou significância para a soma térmica do subperíodo vegetativo (ST_V) em relação aos ciclos de cultivo e para a interação cultivar vs. ciclos. Já as somas térmicas do subperíodo reprodutivo (ST_R) e soma térmica total (ST_T) foram significativas para as relações com as cultivares, ciclos e para as interações cultivar vs. ciclos. Ainda, a ST_T apresentou significância para a interação tripla cultivar vs. manejo vs. ciclos. Tanto a ST_V quanto a ST_R foram maiores no 2º e 3º ciclos (Figura 1), em que a cultivar SH3640-Grauda, obteve a maior ST_V (2.944 GD) e ST_R (1.596 GD) no 2º ciclo, e as cultivares BRS Japira, BRS Platina e BRS Conquista apresentaram maior ST_V (2.808, 2.805, 2.893 GD, respectivamente) e ST_R (1.386, 1.319 e 1.450 GD, respectivamente) no 3º ciclo (Figura 1).

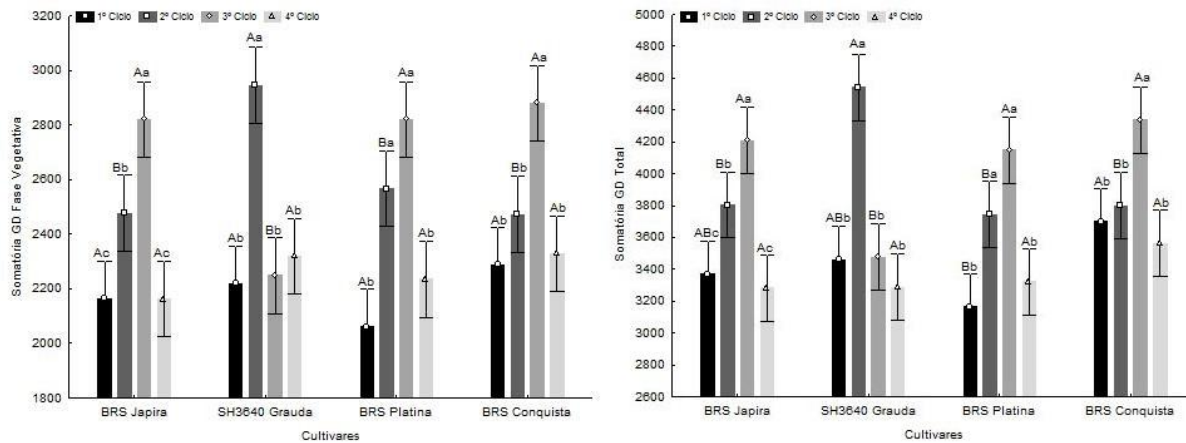


Figura 1: Somatório de graus-dia (GD) no subperíodo vegetativo (a) e reprodutivo (b), em quatro ciclos de cultivo, para as quatro cultivares de bananeira (BRS Japira, SH3640 Grauda, BRS Platina, BRS Conquista). Médias seguidas da mesma letra maiúsculas (Ciclos) e minúsculas (Cultivares) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os menores valores de soma térmica obtidos no 1º ciclo, pode ter ocorrido em função das mudas utilizadas, pois foram oriundas de micropropagação, as quais possuem maior precocidade e vigor no primeiro ciclo de produção (Salomão et al., 2016). O 1º ciclo apresentou o menor acúmulo de graus-dias (ST_V , ST_R e ST_T) para todas a cultivares, contabilizando um número de dias igual a 364 dias. A maior soma térmica necessária para completar a fase vegetativa da cultivar SH3640 Grauda pode ser explicada devido ser uma cultivar introduzida de Honduras, localizado na América Central, local onde tem elevada temperatura e, conseqüentemente, podendo aumentar seu ciclo ao ser implantada no Brasil, local de temperatura mais amenas. Em estudo realizado por Negreiros et al. (2014) a cultivar Grand Naine apresentou uma variação sazonal de 673 a 1001 GD no subperíodo reprodutivo. Quando comparada com as cultivares do presente estudo, a Grand Naine demonstrou uma menor necessidade de soma térmica no subperíodo reprodutivo. Isto pode ser explicado por Coelho et al. (2013), sendo que a bananeira 'Grande Naine' é considerada mais precoce que bananeiras do subgrupo Prata, apresentando uma redução média no ciclo de até 45 dias em áreas irrigadas. Em média, os ciclos 2 ($ST_T=3981$ GD) e 3 ($ST_T=4040$ GD) foram maiores que os ciclos 1 ($ST_T=3414$ GD) e 4 ($ST_T=3359$ GD) (Figura 2).

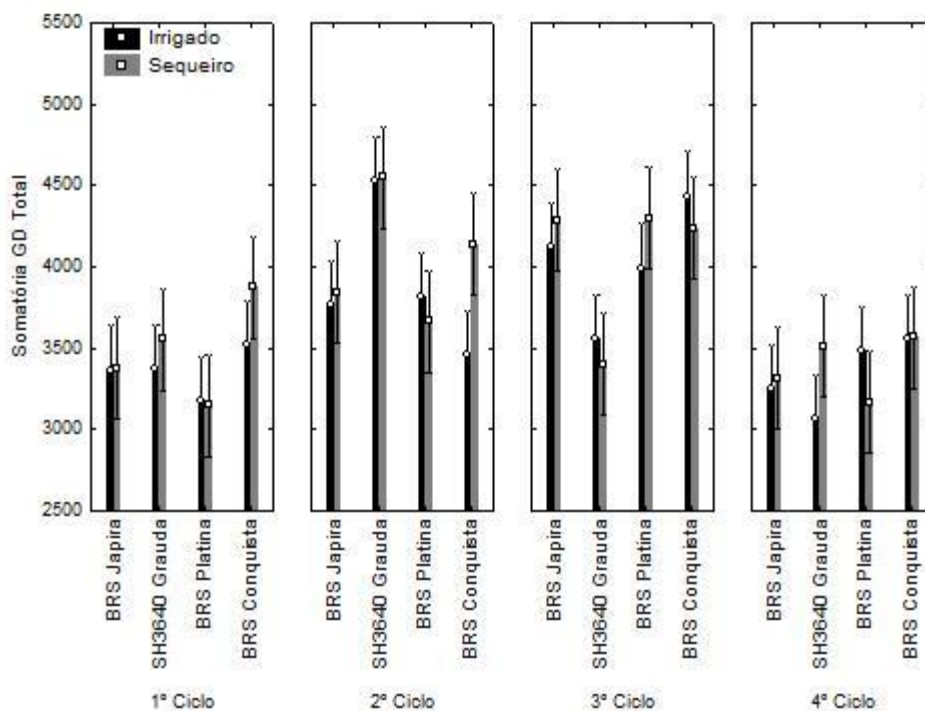


Figura 2: Valores médios para a somatória de graus-dias (GD) no ciclo total em quatro cultivares, quatro ciclos, dois manejos e suas interações e (A, B, C e D, respectivamente). Médias seguidas da mesma letra

maiúsculas (Ciclos) e minúsculas (Cultivares) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No 2º ciclo a cultivar SH3640 Graúda obteve a maior média, tanto no sistema irrigado quanto no sequeiro, entretanto, no 3º ciclo esta mesma cultivar apresentou as menores médias em ambos os regimes hídricos (Figura 2). Nos ciclos 1 e 4, destacou-se a cultivar BRS Conquista (Figura 2). Em média, a duração dos três primeiros ciclos é de 393 dias (plantio à colheita), para cultivares precoces como FHIA 18 e Caipira (Santos et al., 2006). Já no presente estudo é possível verificar que apenas a BRS Conquista alcançou valores semelhantes (quatro ciclos de 394 dias). As demais cultivares (BRS Japira, SH3640 Graúda e BRS Platina) apresentaram valores inferiores (387, 389, 371 dias, respectivamente). Regressões lineares ($R^2 > 0,95$) foram ajustadas ao aumento da massa do cacho em função da soma térmica. As cultivares SH3640 (1º e 3º ciclos) e BRS Conquista (2º e 4º ciclos) necessitaram de menor soma térmica para atingir uma maior massa de cacho. Na colheita houve uma grande diferença entre a maior e a menor massa dos cachos entre as cultivares (≈ 14 kg), com média geral de ≈ 19 kg. Em geral, quando irrigadas, a cultura da bananeira apresenta plantas mais altas, com maior área foliar, acelerando seu ciclo e, conseqüentemente, aumentando a produtividade comparada com plantas em sequeiro (Coelho et al., 2013). Na média geral da massa de cacho, destacam-se as cultivares SH3640 Graúda e BRS Conquista (22 e 20 kg, respectivamente). O peso final do fruto é influenciado pelo aumento da taxa de divisão celular, de maneira que o aumento da temperatura do ar durante essa fase, até os limites toleráveis, aumenta esse processo (Jullien et al., 2001).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A cultivar BRS Conquista necessitou de um maior acúmulo térmico para completar o seu ciclo, enquanto que a cultivar BRS Platina de um menor acúmulo térmico.

Os acúmulos térmicos foram semelhantes entre os sistemas irrigado e não irrigado.

A soma térmica pode ser recomendada para detectar estádios fenológicos na cultura da bananeira.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À Universidade Federal de Goiás e ao PPGA-UFG pelo auxílio financeiro para a instalação e condução do experimento. A CAPES pelas Bolsas concedidas ao segundo e ao terceiro autor. Ao CNPq, pelas Bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ-2) concedidas ao primeiro e ao último autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BEZERRA, A. E.; OLIVEIRA, C. W.; NETO, J. M. M.; SILVA, T. I.; MEIRELES, A. É. SANTOS, M. H. R. Eficiência do uso da água de irrigação no cultivo de banana (*Musa* sp. L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.7, p. 1966-1974, 2017.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, R. C.; PAMPONET, A. J. M. Necessidades hídricas de bananeira tipo Terra em condições de tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p.1260-1268, 2013.

CONCEIÇÃO, B. S.; COELHO, E. F.; MARTINEZ, M. A.; SANT'ANA, J. A. V.; SILVA JUNIOR, J. J.; SILVA, A. J. P. Coeficiente de cultivo e extração de nitrato e potássio da bananeira 'Prata Gorutuba'. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 832-846, 2017.

FONSECA, E. L.; BOLFE, E. L.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Zoneamento agrícola para espécies frutíferas tropicais do Centro-Sul do Estado de Sergipe - Abacaxi, Banana, Mamão e Mangaba**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 19 p.

FIGUEIREDO, F. D.; MANTOVAI, E. C.; SOARES, A. A.; COSTA, L. C.; RAMOS, M. M.; OLIVEIRA, F. G. Produtividade e qualidade da banana prata anã, influenciada por lâminas de água, cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 798-803, 2006.

JULLIEN, A.; MUNIER-JOLAIN, N. G.; MALÉZIEUX, E.; CHILLET, C.; NEY B. Effect of pulp cell number and assimilate availability on dry matter accumulation rate in a banana fruit [Musa sp. AAA group 'Grande Naine' (Cavendish subgroup)]. **Annals of Botany**, v.88, n.2, p.321-330, 2001.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

RAMU, R.; SHIRAHATTI, P. S.; ANILAKUMAR, K. R.; NAYAKAVADI, S.; RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: IAC, 1999. 285 p.

SANT'ANA, J. A. V.; COELHO, E. F.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; DONATO, S. L. R. Distribuição de raízes de bananeira 'Prata-anã' no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 124-133, 2012.

SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; LINS, L. C. R.; CECON, P. R. Crescimento e produção da bananeira (Musa spp. AAB) 'Prata-Anã', oriunda de rizoma e micropropagada. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, 2016.

SANTOS, S. C.; CARNEIRO, L. C.; SILVEIRA NETO, A. D.; PANIAGO JÚNIOR, E.; FREITAS, H. D.; PEIXOTO, C. N. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares de bananeira resistentes a sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 449-453, 2006.

NEGREIROS, R. J. Z.; HINZ, R. H.; STUKER, H. Exigência térmica e número de dias entre a floração e a colheita para a bananeira Grand Naine em condições sub tropicais. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 27, n. 1, p. 76-79, 2014.

ESTIMATIVA DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE VIA SENSORIAMENTO REMOTO PARA O BIOMA PAMPA

Leonardo Machado Carvalho¹; Lucas Augusto Fagundes¹; Otávio Costa Acevedo¹; Debora Regina Robertti¹; Débora da Silva¹
Autor para correspondência: leocarva95@gmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

Devido a necessidade de conhecimento para melhorar o entendimento de vários fenômenos temporais e climáticos na atmosfera terrestre, a cada ano tem surgido novos métodos para obtenção de dados meteorológicos. O objetivo deste estudo é comparar estimativas do albedo de superfície por sensoriamento remoto com medidas em superfície numa região de bioma Pampa localizada no sul do Brasil. São utilizadas duas metodologias para estimativa do albedo de superfície utilizando dados coletados pelo sensor MODIS, uma proposta por Liang (2001) e outra por Tasumi et al. (2008). A metodologia proposta por Liang (2001) apresentou os melhores resultados em comparação com os dados experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Albedo; MODIS; bioma Pampa

ESTIMATION OF THE SURFACE ALBEDO WITH REMOTE SENSING TO THE PAMPA BIOME

ABSTRACT

Due to the need for knowledge to improve the understanding of various temporal and climatic phenomena in the Earth's atmosphere, new methods for obtaining meteorological data have appeared every year. The objective of this study is to compare estimates of surface albedo by remote sensing with surface measurements in a Pampa biome region located in southern Brazil. Two methodologies are used to estimate the surface albedo using data collected by the MODIS sensor, one proposed by Liang (2001) and the other by Tasumi et al. (2008). The methodology proposed by Liang (2001) presented the best results in comparison to the experimental data.

KEY-WORDS: Albedo; MODIS; biome Pampa

INTRODUÇÃO

O albedo da superfície (α) representa a porcentagem de energia solar incidente na superfície terrestre (K_{\downarrow}) que é refletida pela mesma (K_{\uparrow}) (PEREIRA et al., 1997; PONZONI & SHIMABUKURO, 2010). O α é um parâmetro importante no saldo de radiação em superfície e consequentemente no balanço de energia entre o solo-planta-atmosfera (SILVA et al., 2005; HE et al., 2012; MATTAR et al., 2014). O α é altamente variável no espaço e no tempo, influenciado principalmente pela mudança na superfície (índices de vegetação) e nas condições de claridade do céu (FRANCH et al., 2014).

Medidas de albedo em superfície não são comumente realizadas em estações meteorológicas. Ultimamente, diversos algoritmos foram criados para estimar o albedo em superfície utilizando como entrada dados

obtidos por sensoriamento remoto. Um dos sensores mais utilizados em sensoriamento remoto é o MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).

Neste trabalho serão analisadas estimativas de albedo de superfície no bioma Pampa no Sul do Brasil. Este bioma ocupa cerca de 2% da área brasileira e 63% de todo o estado do Rio Grande do Sul, possuindo uma área total de 176.496 km². No bioma Pampa predominam campos nativos de grande biodiversidade.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é comparar estimativas de albedo de superfície obtidas através de medidas de sensoriamento remoto com medidas em superfície para uma região do bioma Pampa localizado no sul do Brasil. Duas metodologias usando dados remotos serão avaliadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sítio experimental localiza-se em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, latitude: 29.72°S longitude: 53.75°W e altitude de 83 metros em relação ao nível médio do mar. Os dados de superfície utilizados neste trabalho foram coletados em um torre micrometeorologia instalada no sítio e mantida pelo projeto SULFLUX do laboratório de micrometeorologia (LμMET) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As variáveis de radiação de onda curta incidente (R_{inc}) e radiação de onda curta refletida (R_{ref}) foram medidas pelo sensor da marca Kipp&Zonen, modelo CMP3, ambos na altura de 3 metros. Os dados foram coletados a cada minuto e reprocessados para médias de 30 minutos. Para estimar os valores do albedo de superfície experimental (α_{Exp}), medidos *in situ*, foi utilizada a relação:

$$\alpha_{Exp} = \frac{R_{ref}}{R_{inc}} \quad \text{Eq. (99)}$$

Para estimativa do albedo de superfície por sensoriamento remoto utilizou-se os produtos de reflectância da superfície MOD09GA e MOD09GQ de resolução 500 e 250 metros, respectivamente. As bandas 1 e 2 foram obtidas do produto MOD09GQ enquanto que as bandas 3 até 7 foram obtidas do produto MOD09GA. Estas bandas foram utilizadas nos modelos de Tasumi et al. (2008) e Liang (2001) para estimativa do albedo de superfície. Tasumi et al. (2008) propôs a seguinte equação para estimativa do albedo em superfície:

$$\alpha_{Tasumi} = \sum_{b=1}^7 [P_b * W_b] \quad \text{Eq. (100)}$$

onde p_b são os valores das bandas 1 a 7 dos produtos do MODIS e w_b o coeficiente de ponderação que representa a fração da radiação incidente em cada banda, assim cada banda tem um valor para correção. Os valores do coeficiente de ponderação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores dos coeficientes de ponderação de Tasumi et al. (2008). b são as bandas de 1 a 7.

MODIS	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda7	Total
-------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	-------

MODIS	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda7	Total
w_b	0.215	0.215	0.242	0.129	0.101	0.062	0.036	1

Tabela 1: Valores dos coeficientes de ponderação de Tasumi et al. (2008).

Liang (2001) formulou uma equação para o albedo de superfície por sensoriamento remoto baseada em simulações feitas no Moderate Resolution Atmospheric Transmission (MODTRAN), programa computacional para transferência de radiação eletromagnética na atmosfera e assim gerou equações para serem usadas em diversos sensores como LANDSAT, ASTER e o MODIS. A equação para o albedo de superfície para o MODIS é:

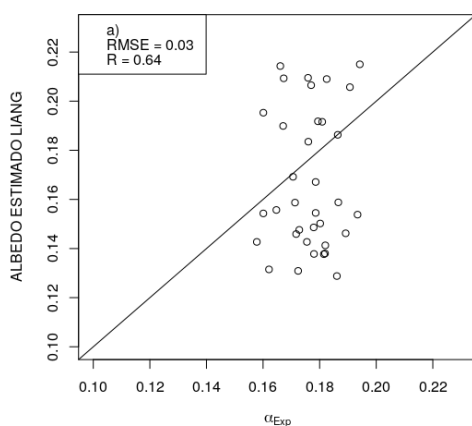
$$\alpha_{Liang} = 0,160p_1 + 0,291p_2 + 0,243p_3 + 0,116p_4 + 0,112p_5 + 0,081p_7 - 0,0015 \quad (3)$$

onde p_i são as bandas do sensor MODIS, com i variando de 1 a 7.

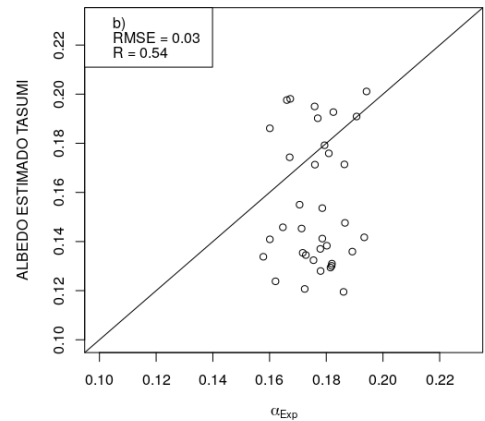
Para comparação com os dados experimentais da estação micrometeorológica foram usados os dados correspondentes às 9h, horário local. Esse horário está associado com a passagem do satélite sobre a área de estudo. Os dias analisados foram selecionados através dos índices de radiação incidente no horário de passagem do sensor remoto, foram selecionados trinta e cinco dias de céu limpo na hora de passagem do satélite do ano de 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para os albedos medidos *in situ* e estimados a partir do método de Tasumi et al. (2008) e de Liang (2001) são mostrados na Figura 1. Os valores experimentais variaram de 0,16 a 0,20, com valor médio de 0,18. Os valores albedo obtidos pela metodologia de Liang (2001) variaram de 0,12 a 0,21 com média de 0,17, enquanto Tasumi et al. (2005) variou de 0,13 a 0,20 com média 0,16. Comparando o método de Tasumi et al. (2008) e de Liang (2001) com medida *in situ*, observou-se um RMSE = 0,03 para ambos e uma correlação maior para Liang (2001)



(a) Dispersão entre o albedo experimental o albedo obtido pelo método de Liang (2001)



b) Dispersão entre o albedo experimental e o albedo obtido utilizando o método de Tasumi et al. (2008).

Uda et al. (2015) utilizando o método Tasumi et al. (2008) e do Liang (2001) comparando com medidas experimentais de albedo para a região do rio Feio no município de Rio Negrinho, SC, Brasil, observaram valores de albedo similares pelas duas metodologias, mas subestimando em torno de 0.06 menor que as medidas experimentais Mendonça et al. (2010) encontraram valores medidos em superfície superiores aos estimados via sensoriamento remoto com o sensor MODIS.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os métodos utilizados neste estudo para estimativa do albedo em uma área do Bioma Pampa em dias de céu limpo utilizando dados do sensor remoto MODIS, apresentaram boa acurácia com medidas experimentais. Assim, recomenda-se o uso destas metodologias para regiões do bioma Pampa que não tenham medidas experimentais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e ao Laboratório de Micrometeorologia e Instrumentação (LμMET).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

LIANG, Shunlin. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I Algorithms. **Remote Sensing of Environment**, volume 76, issue 2 May 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425700002054>>. Acesso em: 10 maio 2019.

LIANG, Shunlin, et al. Estimating daily mean land surface albedo from MODIS data. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Volume 120 issue 10 May 2015. p. 4825-4841. Disponível em : <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2015JD023178>> acesso em : 07 abril 2019

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Pampa**. Brasília, Disponível em: <<http://mma.gov.br/biomas/pampa.html>>. Acesso em: 05 maio 2019.

TASUMI Masahiro, et al. At-Surface Reflectance and Albedo from Satellite for Operational Calculation of Land Surface Energy Balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, Volume 13 issue 2, p. 51-63, February 2008. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%291084-0699%282008%2913%3A2%2851%29>> acesso em: 18 mar 2019

MASSA SECA DE RAIZ E PARTE AEREA DE GIRASSOL SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO

Fábio Miguel Knapp¹; Mariana Poll Moraes²; Guilherme Masarro Araujo³; Sidinei Zwick Radons⁴; Felipe puff Dapper⁵

Autor para correspondência: fabio.knapp@hotmail.com

¹Universidade Federal de Goiás; ²Universidade Federal de Santa Maria; ³Universidade Federal de Santa Maria; ⁴Universidade Federal da Fronteira Sul; ⁵Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

Um dos principais fatores que afeta o crescimento e desenvolvimento de plantas de cultivo agrícola no mundo é a disponibilidade hídrica. Tendo efeito efeitos negativos sobre o rendimento da produção agrícola. Em função disto, este trabalho objetivou analisar a massa seca da parte aérea de raízes de uma cultivar de girassol submetido a diferentes déficits hídricos determinados pela evapotranspiração. Para isso, instalou-se um experimento disposto em delineamento em vasos numa casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, no município de Cerro Largo – RS, no período de outubro de 2015 a janeiro de 2016. Os tratamentos contaram com 6 níveis com 4 repetições, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração diária por meio da irrigação. O volume de água foi determinado pelo Cálculo da evapotranspiração através do método de Penman-Monteith. Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância e regressão e verificou-se uma resposta positiva ao suprimento de água no acúmulo de massa seca de raízes e de massa seca da parte aérea. Porém, para um déficit de 20% no suprimento de água não ocorrem prejuízos no crescimento e desenvolvimento da parte aérea e de raízes.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; *Helianthus annuus*; Restrição hídrica

DRY MASS OF ROOT AND AERIAL OF SUNFLOWER SUBMITTED TO WATER DEFICIT

ABSTRACT

One of the main factors affecting the growth and development of agricultural crops in the world is water availability. This has negative effects on the income of agricultural production. The objective of this work was to analyze the dry mass of root shoot of a sunflower cultivar subjected to different water deficits determined by evapotranspiration. For this, an experiment was set up in a potting design in a greenhouse of the Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), in the municipality of Cerro Largo - RS, in the period from October 2015 to January 2016. The treatments consisted of 6 levels with 4 replications, being the supply of 120%, 100%, 80%, 60%, 40% and 20% of daily evapotranspiration through irrigation. The volume of water was determined by the calculation of evapotranspiration using the Penman-Monteith method. The data obtained in the experiment were submitted to analysis of variance and regression and a positive response was verified to the water supply in the accumulation of dry mass of roots and dry mass of the aerial part. However, for a 20% deficit in water supply, there is no loss of growth and development of shoot and root.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; *Helianthus annuus*; Water restriction

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual, planta oleaginosa da família Asteraceae, que vêm ganhando importância gradual no mercado agrícola brasileiro e mundial. A produção brasileira de girassol passou de 49 mil toneladas na safra 1998/1999 (CONAB, 2014), para uma produção de 104 mil toneladas em 2016/2017 (IBGE, 2019), um crescimento que representa 212% em 18 anos. A maior parte desse aumento é devido à expansão em área e uma menor parcela se deve ao aumento da produtividade.

O déficit hídrico afeta o crescimento e desenvolvimento de culturas em todo mundo. Esta deficiência provoca alterações no crescimento e desenvolvimento vegetal, podendo ser irreversível dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da severidade do déficit e do genótipo envolvido (SANTOS; CARLESSO; 1998).

A cultura do girassol apresenta uma importante característica muitas vezes desconsiderada. Ela adapta-se frente a diferentes e adversas condições climáticas. A cultura do girassol é reconhecida por ter maior resistência a déficits hídricos e possui um sistema radicular mais desenvolvido. Quando está sob déficit hídrico, tem a capacidade de se expandir e explorar maiores volumes de solo e em maiores profundidades. Desta forma, supre a demanda por água e, conseqüentemente, reduz os eventuais prejuízos. Esse é um mecanismo de tolerância que nem todas as culturas possuem (GAZZOLA, et. al., 2012).

O déficit hídrico provoca mudanças na relação fonte dreno da planta de girassol. As raízes passam a ser dreno de nutrientes, aumentando seu tamanho na busca de umidade num maior volume de solo. Essa mudança incrementa massa seca nas raízes e diminui ou cessa o crescimento da parte aérea (GAZZOLA, et. al., 2012).

Mesmo conhecida por ser mais tolerante ao déficit hídrico, poucos estudos avaliam e quantificam até que ponto a cultura do girassol tolera o déficit hídrico em volume, sem afetar diretamente ou indiretamente o crescimento radicular e da parte aérea da planta.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi analisar as respostas e comportamento da massa seca da parte aérea e de raízes de girassol submetidas a diferentes condições de disponibilidade hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo (latitude: 27°08' S; longitude: 54°45' O; altitude: 258 m) no período de outubro de 2015 a janeiro de 2016, sendo utilizada a cultivar Aguará 6. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (ALVARES et al. 2013). Durante o período experimental, os dados meteorológicos foram continuamente monitorados com uma estação meteorológica automática, da marca Davis, modelo Vantage Pro 2. As temperaturas durante a execução do experimento variam de 11.6°C a 35.6°C, com temperatura média de 22.5°C, a média da umidade relativa foi de 77.1%, e a radiação solar média diária foi de 13,7 MJ m⁻² a precipitação no período foi de 432.6 mm.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, e 6 tratamentos, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração diária por meio da irrigação. Sendo assim, o experimento foi composto por 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de 1 vaso com capacidade para 11 litros de substrato comercial, e em cada continha uma planta de girassol.

A lâmina de água foi determinada pelo cálculo da evapotranspiração, através do método de Penman-Monteith. A partir do resultado destes cálculos, fez-se o suprimento da demanda de água, conforme os tratamentos de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração da cultura (ETc), sendo estes

valores supridos da fase V3 de desenvolvimento até fase R6 reprodutiva, sendo ainda adotado um fator de correção de 0.7 para a calibração do volume de suprimento de água, devido os dados meteorológicos serem obtidos em ambiente externo a casa de vegetação seguindo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2011).

Nas unidades experimentais (vasos), foi utilizado substrato de casca de arroz e solo (latossolo vermelho distroférrico típico), na proporção de três porções de substrato para duas de solo, com a finalidade de proporcionar maior agregação ao substrato, as plantas receberam, duas doses de fertirrigação para o suprimento das necessidades de nutrientes da cultura aos 35 e 62 dias após emergência.

Até o estágio vegetativo V3, atingido no dia 07 de novembro de 2015, todas as unidades experimentais receberam o mesmo volume de suprimento de água por irrigação. Após essa data, implantou-se o déficit hídrico, o suprimento foi realizado a cada dois dias durante o ciclo vegetativo, durante o ciclo reprodutivo, devido à maior demanda hídrica da cultura, o suprimento foi realizado diariamente.

Semanalmente foram acompanhados os estágios de desenvolvimento da cultura, obedecendo aos critérios de Fagundes et al. (2007), e após a ocorrência do estágio R6 (estágio reprodutivo), que ocorreu no dia 6 de janeiro de 2016.

Ao atingir o estágio R6 todas as plantas foram cortadas rentes ao solo e a parte aérea foi colocada em sacos e levado a estufa de secagem até atingir peso constante para determinação da massa seca da parte aérea, as raízes foram lavadas e procedido a mesma metodologia da parte aérea.

Após a tabulação dos dados, foi procedida a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, havendo diferença significativa, os dados foram submetidos à análise de regressão pelo programa GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a massa seca da parte aérea e raízes a análise de variância foi significativa, sendo o coeficiente de variação para a parte aérea de 9,2%. O tratamento que recebeu o suprimento de 120% de água pela ETc foi o que obteve maior acúmulo de massa seca da parte aérea, com 99,74 g. Portanto, o tratamento com menor acúmulo e massa seca foi o que recebeu o suprimento de 20% de água calculado pela ETc, e seu acúmulo médio de massa seca é de 19,73 g. Portanto, o melhor ajuste ocorreu por meio de regressão logarítmica, sendo o acúmulo de massa seca representado por $y = 45,767 \ln(x) - 119,8$, com R^2 de 0,99, como pode ser visto na Figura 1. Esses resultados corroboram com os obtidos por Nobre et al. (2010), que encontraram uma redução de 280% na fitomassa do girassol quando submetido a déficit hídrico de 120 % em relação a 40% da necessidade hídrica.

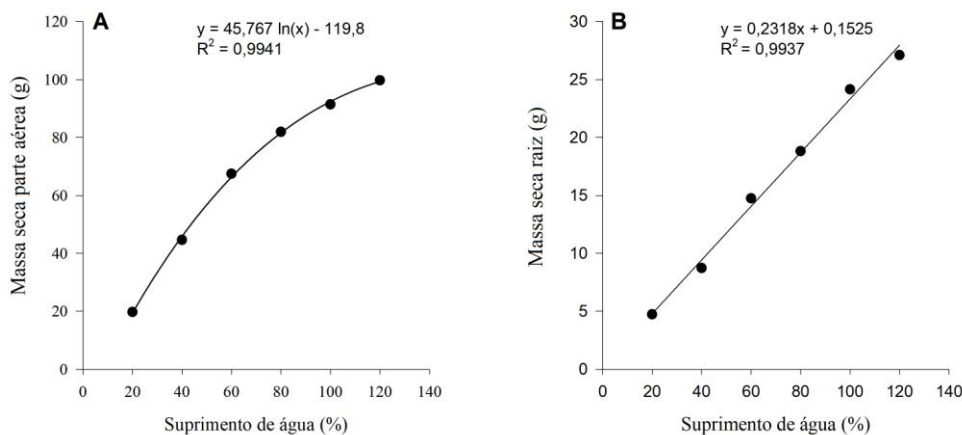


Figura 1: Análise de regressão da massa seca da parte aérea (A) e da massa seca de raízes submetidos a suprimento de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % da evapotranspiração da cultura calculada por Penman-Monteith.

A massa seca de raízes obteve coeficiente de variação de 23,4%. Sendo que o tratamento que recebeu suprimento de 120% de água, estimado pela ETc, obteve o maior acúmulo de massa seca de raízes, com 27,11 g. O tratamento que recebeu o suprimento de apenas 20 % de água, estimado pela ETc, foi o que obteve o menor acúmulo de massa seca, com 4,73 g. Observa-se na figura 1 (A) a análise de regressão no qual a equação que melhor descreve esse aumento de acúmulo de massa seca das raízes é uma equação linear, com coeficiente de determinação de 0,99. Esse resultado corrobora com o encontrado por Dutra et al. (2012), que obtiveram um aumento de massa seca de raízes, quando houve aumento no fornecimento de água. Sobrinho et al. (2011), também constataram um aumento na massa seca de raízes de girassol, quando estes submetidos a condições de maior umidade no solo. Porém os mesmos autores, relatam que devido o experimento ser conduzido em vasos com capacidade de 8 litros, isso pode ter contribuído para o resultado, devido ao limitado espaço para o desenvolvimento das raízes. Segundo Taiz et al. (2017), o estresse hídrico, leva ao fechamento de estômatos das folhas e consequentemente redução da fotossíntese, reduzindo a biomassa da planta, tanto na parte aérea como nas raízes.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A partir dos resultados obtidos concluiu-se que a massa seca de raízes e massa seca da parte aérea girassol responde de forma positiva ao suprimento de água. Porém, observou-se que, a cultura não difere em questões de desenvolvimento e crescimento, quando este déficit hídrico não ultrapassa os 20%, ou seja, com apenas 80% do suprimento de água estimado pela ETc, a planta se desenvolve normalmente, não trazendo prejuízos significativos para a cultura, sendo assim a cultura mostra-se tolerante a baixos déficits hídricos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A FAPERGS pela bolsa de iniciação científica concedida, e a Universidade Federal da Fronteira Sul, por todo suporte fornecido para que o estudo fosse desenvolvido.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, Clayton Alcarde.; et al.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

CONAB. **Séries Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Área Plantada**, Produtividade e Produção. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 02.abr.2019.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276. 2013.

DUTRA, Carla Cristina, et al.. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

FAGUNDES, Joelma Dutra. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência folhar em girassol de vaso (*Helianthus annuus L.*): efeito de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.987-993, 2007.

GAZZOLA, Adriano. et. al.. **A cultura do Girassol**. ESALQ Piracicaba São Paulo jun. 2012.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>>. Acesso em: 17 abril 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> acesso em maio. 2019.

NOBRE, Reginaldo Gomes, et al.. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

SANTOS, Reginaldo Ferreira; CARLESSO Reimar. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SOBRINHO, Severino de Paiva; TIEPPO, Rafael Cesar; SILVA, Tonny José Araújo da. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. Enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

TAIZ, L., et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2017.

TEIXEIRA, Gisele Carneiro da Silva Et. al. Estudos de evapotranspiração em casa de vegetação. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 520.

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO MAXIXE.

Gregorio Guirado Faccioli¹; Elaine Barbosa de Souza¹; Fabiano Santos Santana¹; Camila Kaliane dos Santos Dantas¹; Izabella Lirio de Souza¹

Autor para correspondência: gregorioufs@gmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade do reuso de água residuária provenientes de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização na agricultura irrigada da cultura do maxixe, visando a otimização de recursos naturais. A presente pesquisa realizou-se em ambiente protegido do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe no período de 24 de maio a 20 de julho de 2018. A água residuária foi coletada semanalmente na ETE do Bairro Rosa Elze, localizada no Município de São Cristóvão/SE. O delineamento experimental utilizado foi Blocos Casualizados (DBC) composto por três tratamentos e oito repetições, totalizando 24 vasos. Os tratamentos são T1 (irrigação com 100% água potável); T2 (irrigação com 50% água potável + 50% efluente ETE-ROSA ELZE); e T3 (irrigação com 100% efluente ETE-ROSA ELZE). As variáveis microbiológicas da cultura analisadas foram Coliformes termotolerantes e Salmonella e foram mensuradas pelo Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe (ITPS). Os resultados obtidos nas análises das amostras submetidas aos três atenderam aos limites estabelecidos segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA. Com os resultados apresentados nesta pesquisa, torna-se recomendável o reuso de água inicialmente tratada proveniente da lagoa de estabilização, aos agricultores, em até 100% da irrigação na cultura do maxixe.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Reuso; Maxixe (*Cucumis Anguria L.*)

INFLUENCE OF THE USE OF WASTEWATER TREATED IN MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MAXIXE.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the viability of the reuse of wastewater from a sewage treatment system by stabilization ponds in irrigated agriculture of the maxixe crop, aiming at the optimization of natural resources. The present research was carried out in a protected environment of the Department of Agronomic Engineering of the Federal University of Sergipe from May 24 to July 20, 2018. Residual water was collected weekly in the ETE of the Rosa Elze neighborhood, located in the Municipality of São Cristóvão/ SE. The experimental design was a randomized block (DBC) composed of three treatments and eight replications, totaling 24 vessels. The treatments are T1 (irrigation with 100% potable water); T2 (irrigation with 50% potable water + 50% ETE-ROSA ELZE effluent); and T3 (irrigation with 100% ETE-ROSA ELZE effluent). The microbiological variables of the analyzed culture were Thermotolerant Coliform and Salmonella and were measured by the Technological Research Institute of Sergipe (ITPS). The results obtained in the analyzes of the samples submitted to the three met the limits established according to Normative Instruction No. 12 of 04/09/03, of the Ministry of Agriculture and Resolution - RDC No. 12 of 2001 ANVISA. With the results presented in this research, it is recommended the reuse of initially treated water from the stabilization pond, to the farmers, in up to 100% of the irrigation in the culture of the maxixe.

KEY-WORDS: Sustainability; Reuse; Maxixe (*Cucumis Anguria L.*)

INTRODUÇÃO

Um dos recursos naturais que está diretamente ligado a vida é a água. Sobre tudo é o recurso que alimenta a humanidade em todos os seguimentos. Desde sua presença bioquímica nos seres vivos até o meio direto ou indireto da subsistência da humanidade. Entretanto a água doce é limitada, por esse motivo, uma grande preocupação com a escassez do recurso hídrico, despertou numa parte da sociedade, principalmente na comunidade científica a busca por medidas mitigatórias de média e longo prazo que possibilite novas formas de oferta de água doce.

Um agravante que influencia na problemática da escassez de água, é o esgotamento dos aquíferos devido à extração excessiva. Conforme a World Meteorological Organization (WMO, 1997), o consumo mundial de água cresceu mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial.

Com a distribuição de água cada vez mais complexa e minimizada para a sociedade, se observa maior dificuldade nas cadeias produtivas de mercado que dependem exclusivamente da água para sua produção. Portanto é importante a criação de organizações que desenvolvam estratégias em condições favoráveis para conservação e uso racional desse bem.

As perspectivas para os próximos anos no que se refere à água e alimentos não se mostram favoráveis e nem tão pouco otimistas. O crescimento populacional e econômico tende a provocar um aumento no consumo de água em todos os cenários (PNUMA, 2004). Portanto, como a demanda pela água continua sempre a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente fundamental no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos em todas as regiões. Segundo Florêncio et al (2006, p.2) “No entanto, o problema do balanço oferta versus demanda por recursos hídricos não é um problema somente das regiões áridas e semiáridas, pois os conflitos de uso da água também se notam em outras regiões, inclusive os que dispõem de recursos hídricos com oferta significante”.

Nesse contexto destaca-se o reaproveitamento ou reuso de água tratada como uma das soluções para determinados fins em que o objetivo seja tanto para diminuir o desperdício de água quanto uma forma de aumentar a disponibilidade de água doce para o consumo prioritário humano. Sabe-se que o reuso de água não é novidade, pois, muitos países possuem técnicas e utilizam o uso da água residual tratada ou não. Contudo o uso de esgotamento doméstico é utilizado há muito tempo, pois esse foi um meio eficaz que se encontrou de aumentar a oferta de água, além dos benefícios de sustentabilidade e economia.

Visto que, a agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo de água doce e, na maioria dos países subdesenvolvidos, esse índice chega a 90% (FAO, 1992). O que indica maior percentual de consumo de água quando comparado aos setores doméstico e industrial. O problema da deficiência hídrica juntamente com o crescimento populacional, estima-se que o consumo mundial da agricultura aumentará 20% até 2050 (WWAP, 2016).

O maxixe faz parte de um grupo de legumes em que pertence à família das Curcubitaceae. De origem africana o maxixe (*Cucumis anguria L.*), chegou ao Brasil há cerca de 300 anos por ocasião do tráfico dos escravos africanos. Atualmente faz parte da cultura brasileira que se adaptou principalmente por apresentar em seu cultivo boa produção nas regiões de clima quente. O Norte e Sudeste do Brasil são regiões de grande produção do maxixe, porém, o Nordeste brasileiro é a maior área do cultivo desta espécie (RESENDE, 1999; MODOLO, 2003). “O maxixe é pouco exigente em solo, porém adapta-se melhor àqueles arenosos, leves e soltos. Quanto a sua fertilização, muitos produtores não realizam adubações, isso porque ele se beneficia de resíduos de nutrientes aplicados anteriormente” (OLIVEIRA et al 2010, p. 218).

Em comparação a outras pesquisas realizadas com o reuso do mesmo efluente, obteve-se resultados semelhantes às variáveis microbiológicas analisadas por este trabalho. As culturas já experimentadas foram girassol, rabanete, beterraba, cenoura, feijão, pimentão e quiabo. Também para estas culturas os parâmetros microbiológicos analisados estiveram dentro dos parâmetros aceitos pela Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA.

Portanto, investir em pesquisas sobre tratamento e posterior reuso de águas residuárias na agricultura é a garantia do contínuo processo de desenvolvimento sustentável que possibilitará a manutenção de todos os setores que necessitam de água. As técnicas utilizadas para o tratamento de águas residuárias no meio agrícola no Brasil, ainda não fazem parte da propagação e aceitação pelos agricultores. Embora há um aumento de especialistas em elaboração de projetos nesta área e de eventos de divulgação dos benefícios destas tecnologias, mesmo assim, a dificuldade em convencer a grande maioria das pessoas principalmente da utilização dessas águas tratadas (SANTOS FILHO, 2013)

OBJETIVOS DO TRABALHO

Verificar a influencia da utilização da água residuária tratada em um sistema de lagoas de estabilização nas características microbiológicas do maxixe.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido em vasos, localizado no Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, no município de São Cristóvão, Sergipe.

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Casualizados (DBC) composto por três tratamentos, com a cultura do maxixe e oito repetições, totalizando 24 vasos. Os tratamentos são T1 (100% água da potável); T2 (50% água potável + 50% efluente ETE-Rosa Elze); e T3 (100% efluente ETE- Rosa Elze).

Dentro da casa de vegetação foi instalada uma estação meteorológica automática IRRIPLUS modelo E 4000, para coleta das variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento. Estas variáveis foram utilizadas diariamente para a estimativa da evapotranspiração de referência pelo método padrão Penman-Monteith e multiplicando-se pelo coeficiente de cultivo para a cultura do maxixe estimou-se a demanda hídrica da cultura. (ALLEN et al. 1998). O coeficiente de cultivo foi estabelecido em função da fase fenológica da cultura, o valor inicial estabelecido foi de 0,6, o valor máximo de 1,0 e o valor final de 0,3.

Os valores médios da radiação solar, da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da evapotranspiração de referência obtidos no interior do ambiente protegido durante o período do experimento foram respectivamente $11,51 \text{ MJ} \cdot (\text{m}^2)^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, $24,11 \text{ }^\circ \text{C}$, $78,32\%$ e $2,14 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$.

O plantio foi realizado no solo já utilizado em pesquisas anteriores com os mesmos procedimentos de tratamento. O solo utilizado foi o Franco Argiloso Arenoso, coletado no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe, no ano 2013, foi peneirado e homogeneizado, e inserido em vasos plásticos de 22 L, os mesmos foram separados por blocos e devidamente posicionados em 03 bancadas de metal no centro do ambiente protegido, com 0,45 m de altura, e dimensões 2,06 x 1,25 m. Foi feito a adubação de plantio em todos os tratamento receberam NPK no valor de 12,46 g/vaso, nos dias 3 e 11 de julho foi realizado a adubação de cobertura apenas os vasos de T1, foi utilizado 17,6 g de uréia e 13,5 g de potássio e dissolvido em 200 ml de água potável, o valor por planta ficou em 25 ml parcelado em duas vezes com intervalo de uma semana.

O plantio das sementes do maxixe foi feito em bandejas no dia 21 de maio de 2018 e o transplante das mudas para os vasos foi realizado em 04 de junho de 2018. Para irrigação foram coletadas água de duas fontes distintas: água potável da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), coletada diariamente em uma torneira, localizada dentro do ambiente protegido e efluente que foi coletada em recipientes plásticos de 10 litros com tampa e transportado até o ambiente protegido semanalmente.

O efluente tratado utilizado no experimento foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Rosa Elze, localizada no bairro do Rosa Elze, município de São Cristóvão, estado de Sergipe. A ETE trata as águas residuárias geradas pelos bairros do Rosa Elze e do Eduardo Gomes, atuando com vazão aproximada de $7,6 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, composta por 05 (cinco) lagoas de estabilização disposta em série, sendo duas facultativas e três de maturação perfazendo uma área total de 29.650 m^2 . A ETE Rosa Elze foi construída na década de 80 e é mantida e operada pela DESO (Compania de Saneamento de Sergipe). Estudos realizados na ETE Rosa Elze apontam a inexistência dos patógenos denominados de alto risco bem como protozoários devido ao fato do tempo de detenção do sistema ser elevado, cerca de 141 dias, favorecendo a excelente eficiência na remoção dos parasitas que sedimentam-se ao longo do tratamento das águas residuárias.

As análises químicas das águas utilizadas na pesquisa foram pH, e Oxigênio dissolvido (OD) e foram medidos diariamente. Os resultados foram comparados pelos limites dos parâmetros físico – químicos da Classe 1 das águas doces da Resolução CONAMA 357/2005, que entre os usos preponderantes abrange a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película (BRASIL, 2005a). E pela Resolução CONAMA 430/2011 que complementa e altera a Resolução CONAMA 357/2005 e dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os valores de pH encontrados para água potável esteve compreendido entre 6,96 e 8,03 e para o efluente de 6,65 e 9,31. A Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que o pH das águas de classe 1, destinados a irrigação de alimentos que são ingeridos crus, tipo verduras, legumes e frutas, deve estar entre 6,0 e 9,0, portanto os resultados da presente pesquisa apresentam-se dentro dos padrões exigidos. Os valores de OD encontrados para água potável esteve compreendido entre 6,00 e $12,40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e para o efluente de 6,00 e $22,80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A Resolução CONAMA nº 430/2011 determina que o valor máximo é de $120 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ portanto novamente portanto os resultados da presente pesquisa apresentam-se dentro dos padrões exigidos.

A irrigação foi realizada diariamente com auxílio de uma proveta de 100 ml diretamente no vaso, semelhante a uma irrigação localizada aplicando a demanda hídrica da cultura que inicialmente eram estimadas em $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ e convertidas em mL multiplicando pela área da borda superior do vaso ($0,0676 \text{ m}^2$) e por 1000. Conforme ocorria o desenvolvimento dos maxixeiros, houve a necessidade de fazer uso de tutores. Utilizou-se estacas de aproximadamente 2,5 m, fixando-as dentro de cada vaso. Aos 27 dias após o plantio observou-se o início da floração. Foi realizada polinização manual e aos 45 dias depois de plantada as sementes, foi possível realizar a primeira colheita. Nas semanas seguintes foram realizadas mais quatro colheitas.

Para análise microbiológica todos os frutos colhidos foram acondicionados em sacos plásticos e encaminhados para o Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe (ITPS). Verificou-se a quantidade de Coliformes Termotolerantes e presença de Salmonella. Foi utilizado o método American Public Health Association (APHA) do número mais provável. Também realizou-se análise da quantidade de Coliformes Termotolerantes do efluente nos dias 11 de junho de 2018, 03 de julho de 2018 e 20 de julho de 2017 no ITPS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal preocupação para o reuso de água residuária na agricultura irrigada está nos contaminantes, principalmente nos coliformes termotolerantes e demais bactérias como as salmonelas. Segundo Carvalho (2013, p. 56) “A determinação da quantidade de organismos patogênicos presentes nas águas residuárias é de suma importância devido ao alto risco que sua utilização pode acarretar à saúde pública”.

No quadro 1 estão apresentados resultados das análises dos coliformes termotolerantes realizados no efluente. Observou-se resultados em não conformidade, pois estes estão fora do padrão exigido pela Organização Mundial da Saúde.

Quadro 1- Resultados das Análises dos Coliformes Termotolerantes realizados no efluente.

	11/06/2018	03/07/2018	20/07/2018	OMS (1989)
Coliformes Termotolerantes	1,6 X 10 ⁶ NMP/100mL	2,2 X 10 ⁵ NMP/100mL	2,2 X 10 ⁴ NMP/100mL	1 X 10 ³

Fonte: Acervo do autor, 2018.

No quadro 2 estão apresentados resultados das análises microbiológicas do fruto do Maxixe.

Observou-se ausência para salmonela e a quantidade inferior a 3,0 NMP/g para a presença de coliformes termotolerantes nos frutos dos três tratamentos. De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos “Valores Máximos Permitidos”, segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA”, os resultados obtidos nas análises (Quadro 2) de todas as amostras submetidas atenderam aos limites estabelecidos. Apesar do alto nível de contaminação de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras do efluente, não houve contaminação nos frutos colhidos após a irrigação realizada em todos os tipos de tratamento.

Quadro 2- Análises Microbiológicas do fruto do Maxixe.

	T1	T2	T3	Anvisa (RDC.12/2001)
COLIFORMES	<3,0	<3,0	<3,0	10 ²
SALMONELAS	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: ITPS, 2018

Carvalho et al. (2013) que irrigaram girassol com água residuária, apresentaram os resultados das análises de coliformes termotolerantes e de salmonella da matéria seca do girassol que foram comparadas com padrões legais da Agência Nacional de Vigilância Sanitária destinados ao consumo humano e observou-se a regularidade dentro da Legislação Brasileira.

Dantas et al. (2014) utilizou cinco diluições diferentes de água residuária na irrigação da cultura do rabanete e seus resultados encontrados referentes a presença de coliformes termotolerantes e salmonelas demonstram que o rabanete encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

Faccioli et al. (2017) verificou que o reuso de água residuária na cultura do feijão Caupi Brs Novaera não apresentou interferências sobre as características microbiológicas, quanto aos coliformes e a ausência de salmonelas, constatadas sob análise tendo como parâmetro as orientações da ANVISA.

Dantas et al. (2018) realizou análises microbiológicas da cultura do quiabo irrigada com efluente doméstico e destacando os resultados direcionados aos coliformes termotolerantes e as salmonelas constatou que são inferiores aos parâmetros estabelecidos pela ANVISA, portanto é viável o reuso da água residuária para irrigação dessa cultura.

Na pesquisa de Santos (2017) verificou-se a não contaminação na cultura Alface variedade Baba de Verão, irrigado com água residuária, apresentando resultados dentro do limite de condições sanitárias, visto que seguiu-se os padrões recomendado pela RDC nº 12/2001 da ANVISA, que permite, em hortaliças consumidas cruas, até 10² NMP g⁻¹ para coliformes a 45°, ou coliformes termotolerantes; e exige ausência de Salmonela.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do maxixe não influenciou as características microbiológicas avaliadas pois apresentaram ausência para salmonela e a quantidade inferior à permitida para a presença de coliformes termotolerantes nos três tratamentos, e com isso atenderam aos parâmetros estabelecidos, pela legislação vigente.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Sergipe

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop **evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. In: FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998.

CARVALHO, R. S; et al. G. G. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. Taubaté. v. 8, n. 2, p. 157-167, 2013.

DANTAS I.L.A; FACCIOLI, G.G; MENDONÇA L. C; NUNES T. P; VIEGAS P.R.A; SANTANA L.O.G. Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ambiente e Água** vol. 9 n. 1 Taubaté - Jan. / Mar. 2014.

DANTAS, C. K. S. ; SANTANA, F. S. ; RAMOS, F. S. M. ; FACCIOLI, G. G. ; GOMES FILHO, R. R. . IMPACTO DO USO DE EFLUENTES NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO CULTIVADO COM QUIABO (*Abelmoschus esculentus* L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, p. 2276-2783, 2018.

FACCIOLI, GREGORIO GUIRADO; RAMOS, FRANCYELLE SOUZA DE MENEZES ; SANTANA, FABIANO SANTOS ; DANTAS, CAMILA KALIANE DOS SANTOS . ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) BRS NOVAERA E BRS GUARIBA COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1707-1713, 2017.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Wastewater treatment and use in agriculture. **Riego y Drenaje**, Roma/Italy, n. 47, Estudio FAO, 1992.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AÍSSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MODOLO, V.A.; COSTA, C.P. Avaliação de linhagens de maxixe paulista cultivadas em canteiros com cobertura de polietileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 534-538, jul-set. 2003

OLIVEIRA, A. P. et al. Parcelamento e fontes de nitrogênio para produção de maxixe. **Horticultura Brasileira**. v. 28, n. 2, p. 218-221, abr.-jun. 2010.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. **Perspectiva para o meio ambiente mundial – 2002**: Geo3, passado presente e futuro. OSTORINO, R. (coord.); SHELLARD, S.; CORREA, N. B. (Trad.). Brasília/DF: IBAMA/UMA, 2004

RESENDE, G. M. Produtividade de cultivares de maxixe em função de épocas de plantio. **EMBRAPA. Comunicado técnico**. n. 83, p. 1-6. Abr. 1999. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de>

publicacoes/-/publicacao/133009/produktividade-de-cultivares-de-maxixe-em-funcao-de-epocas-de-plantio>. Acesso em: 01 nov. 2017.

SANTOS FILHO, J. S. **Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2013.

SANTOS, M. R. A. **Manejo da água residuária para irrigação da cultura da alface baba de verão em casa de vegetação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2017.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**. Genebra/Suíça: WMO, 1997.

WWAP – World Water Assessment Programme. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016. **Água e Emprego fatos e números**. TRAN, Michael; KONCAGUL, Engin; CONNOR, Richard. Disponível em:< <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/>>. Acessado em: 03 nov. 2017.

USO DA ESPECTROSCOPIA DE REFLECTANCIA PARA CLASSIFICAR A TEXTURA DO SOLO PARA FINS DE SEGURO AGRÍCOLA

Elisângela Benedet da Silva¹; Cristina Pandolfo¹; André Carnieletto Dotto²; Alexandre ten Caten³; Elvio Giasson⁴

Autor para correspondência: elisangelasilva@epagri.sc.gov.br

¹Epagri/CIRAM, Florianópolis, Santa Catarina; ²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP; ³Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC; ⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

RESUMO

Os dados de textura do solo desempenham um papel fundamental na atividade agrícola para o gerenciamento do risco relacionado ao clima na cultura. Tais programas requerem respostas rápidas na análise do solo, e o uso da espectroscopia de refletância VIS-NIR-SWIR é uma técnica que está evoluindo para atender a tais requisitos. O objetivo deste estudo é usar o teor de argila previsto pelo VIS-NIR-SWIR para classificar os solos em quatro classes texturais utilizadas como referência no programa brasileiro de seguro agrícola. Um conjunto de dados com 1.525 amostras de solo coletadas em todo o estado de Santa Catarina foi usado para obter os espectros de refletância. Os dados radiométricos foram obtidos em laboratório utilizando o espectrorradiômetro FieldSpec 3 (350-2500nm). Os valores de referência de conteúdo de argila foram obtidos pelo método de pipeta. O desempenho do modelo de predição atingiu um valor de R^2 entre 0,79 e 0,77, com valores de RMSE entre 7,75% e 8,69% para os conjuntos de calibração e validação, respectivamente. A classificação dos tipos texturais alcançou altos níveis de concordância. Isto levou a uma clara alocação com um alto grau de precisão para a classe 0 (teor de argila <10%), classe 2 (teor de argila $\geq 15\%$ e <35%) e classe 3 (teor de argila $\geq 35\%$). As classes 2 e 3 juntas representaram mais de 90% de todo o conjunto de dados e são caracterizadas como solos adequados para o cultivo da maioria das espécies ao considerar-se os riscos climáticos para uso no seguro agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Biblioteca espectral de solos; Teor de argila; Risco agrícola

USE OF REFLECTANCE SPECTROSCOPY APPROACH TO CLASSIFY SOIL TEXTURE FOR AGRICULTURAL INSURANCE PURPOSE

ABSTRACT

Soil texture data plays a key role in agricultural activity for the management of weather-related risk in crop. Such programs require quick responses in soil analysis, and the use of VIS-NIR-SWIR reflectance spectroscopy is a technique that is evolving to meet such requirements. The aim of this study is to use VIS-NIR-SWIR predicted clay content to classify soils into four textural classes based on the Brazilian agricultural insurance program. A dataset with 1,525 soil samples collected throughout the state of Santa Catarina was used to obtain the reflectance spectra. The radiometric data were obtained in the laboratory using the FieldSpec 3 spectroradiometer (350-2500 nm). Clay content reference values were obtained using the pipette method. The performance of the prediction model reached an R^2 value between 0.79 and 0.77, with RMSE values between 7.75% and 8.69% for the calibration and validation sets, respectively. The classification of textural types achieved high levels of agreement. This led to clear allocation with a high degree of accuracy for class 0 (clay content < 10%), class 2 (clay content $\geq 15\%$ and < 35%) and class 3 (clay content $\geq 35\%$). Classes 2 and 3 together represented more than 90% of the entire dataset and are characterized as suitable soils for cultivation of most crops, when considering climatic risks associated with agricultural insurance purposes.

KEY-WORDS: Soil spectral library; Clay content; Crop risk

INTRODUÇÃO

Agriculture is an economic activity characterized by its vulnerability to adverse events, since such adversities may generate significant losses and therefore represent a significant risk to production. To minimize these losses one of the most effective risk response mechanisms is crop insurance, which provides coverage against a drop in farmers' income because of low productivity, caused by critical weather events, among others (LOYOLA; MOREIRA & VEIGA, 2016). In the Farm Activity Guarantee Program for Smallholders, which is one of the largest Brazilian public programs using agricultural insurance as a risk management mechanism, soil data, especially soil texture, plays a key role (BRASIL, 2008). In this context, the VIS-NIR-SWIR soil spectral libraries have become powerful tools for storing large amounts of soil information on local, regional, national and global scales (VISCARRA ROSSEL et al., 2016), receiving attention as a complement to traditional laboratory methods. The technique stands out for its simplicity of sample preparation, the lack of necessity to use hazardous chemicals, its speed of measurement, the fact that various soil attributes can be analyzed from a single spectrum, and that the technique can be used both in the laboratory and in situ (VISCARRA ROSSEL et al., 2016).

OBJETIVOS DO TRABALHO

The objective of this study is to determine to what extent the soil clay content predicted by VIS-NIR-SWIR reflectance spectroscopy can be used to correctly classify soils into textural classes, considering MAPA regulations (BRASIL, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

1525 soil samples were collected from the upper soil layer (0-50 cm) between April and September 2009 covering 80% of state of SC. Particle size distribution in percentage of clay, silt and sand was analyzed using the Pipette method. Spectral reflectance of soil samples was obtained using a FieldSpec 3 spectroradiometer in the VIS-NIR-SWIR (350-2500 nm) range following the routine protocol developed for the Brazilian Soil Spectral Library (ROMERO et al., 2018). Normalization by range (NBR) was used as a preprocessing techniques of the soil spectral data to improve training model. The support vector machine regression (SVM) was used to produce predictive models for clay content. Prior to development of the model, the total number of soil samples (1,525) was randomly split into training set [~ 75 %] (n = 1,143) and validation set [~ 25 %] (n = 382). The fit and predictive accuracy assessment of the model used the parameters of coefficient of determination (R^2) between observed and predicted values and root mean square error of prediction (RMSE). To classify the soil samples into textural classes, laboratory clay content (%) was used as reference data and compared with the predicted value of the spectroscopy model. The soil spectral library was divided into four classes (BRASIL, 2008) based in the clay content, as follows: "class 0" - clay content less than 10% (soil class not included in the financial support); "class 1" – clay content ranging from 10% to 15% (soil class with restrictions for financial support in agricultural land with more than 20% of drought risk); "class 2" - clay content ranging from 15% to 35% (soil class with no restrictions for financial support), and "class 3" – clay content equal to or greater than 35% (soil class with no restrictions for financial support). The comparison between soil classes was performed using the confusion matrix. All statistical and model development analyses were performed using R v.3.4.0 software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

The ranges of sand and clay content were wide indicating that all textural classes are presented with great variability among the samples (Figure 1). The samples represent a wide range of clay content with an overall variation of the whole dataset from 0.0 to 77.0%, with a mean value of 38.2%, indicating large variability in terms of particle size distribution and textural classes. Most samples were classified into class 3 (838), followed by 589 samples into class 2, 50 samples into class 1 and 48 samples into class 0 (Figure 1).

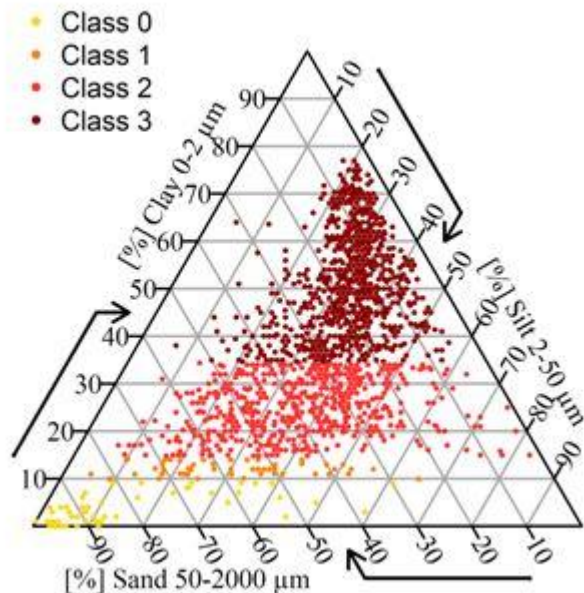


Figure 1: Texture diagram of 1,525 samples measured by pipette method. Class 0 is represented by the yellow points; class 1 by orange points; class 2 by red points and class 3 by dark red points.

The results of the present study showed good predictive performance of clay content for the training ($R^2_{train}=0.79$ and $RMSE_{train}=7.75\%$) and validation sets ($R^2_{val}=0.77$ and $RMSE_{val}=8.69\%$). These findings are consistent with previously reported results based on reflectance spectroscopy (DEISS; FRANZLUEBBERS; MORAES, 2017).

The confusion matrix determined the percent number of correctly classified soil samples in the four textural classes using reference data and predicted clay values determined by soil spectroscopy (Table 1). The majority of samples were correctly classified (72.2%, 28.1%, 75.9%, 85.2% and 70.0%, 0.0%, 75.2%, 82.1%; Table 11) in both the training and validation set, as observed and reported by other authors, such as Dotto et al. (2016). The accuracy assessment for the training set compared with the validation set showed slightly higher classification performance. For the training set, class 3 had the highest agreement rate with reference data, followed by classes 2, 0 and 1 (Table 1). The overall accuracy (OA) rate was 80.0%. For the validation set, the classification followed the same trend for agreement rate in classes 3 with $OA=77.2\%$ (Table 1). The best performance was found for soil class 3, followed by those of class 2 and 0, with poor performance for class 1. It was suggested that this sequence may be explained by the constituents of the clay fraction which have absorption regions characteristic of the visible and near infrared electromagnetic spectrum.

Table 1: Confusion matrix generated from the similarity between soil textural classes 0, 1, 2, and 3.

Predicted soil	Measured soil							
	Training set (n = 1,143)				Validation set (n = 382)			
	Agreement (%)							
Classes	0	1	2	3	0	1	2	3
0	72.2	16.7	11.1	0.0	70.0	20.0	10.0	0.0
1	15.6	28.1	53.1	3.1	55.6	0.0	44.4	0.0
2	2.4	5.7	75.9	16.1	4.8	6.9	75.2	13.1

3	0.1	0.3	14.3	85.2		0.0	0.0	17.9	82.1
OA = 80.0%						OA = 77.2%			

Some confusion was observed for class 1. Poor performance was found for both the training (28.1%) and validation (0.0 %) sets, which were mainly mixed with class 2 (53.1% and 44.4%). This misclassification is detrimental, since class 1 is dominated by sand fractions and class 2 are dominated by medium texture, so, the behaviors of these two soils differ considerably and the management is very different. Class 1 also showed lower accuracy than class 0, according to agreement rate (Table 1). For insurance applications, this may benefit crop areas with restrictions for financial support, in which the behavior of soils differs considerably from class 2, increasing the agricultural risk.

Class 0 showed good agreement, with 72.2% and 70.0% for the training and validation sets, respectively (Table 1). This result is significant because samples above this limit can be excluded from crop insurance, since crops established in soils with clay content less than 10% are not eligible for agricultural funding, in accordance with MAPA regulations. Class 2 was mainly confounded with class 3 in the training (14.3%) and validation (17.9%) sets. Class 3 was discriminated from soils of class 0 and 1 in 100% of the classification in the validation set. It was confounded with class 2 in less than 20% of both datasets. The VIS-NIR-SWIR spectroscopy used as a reference method for clay quantification was able to correctly classify classes 2 and 3, which together represent more than 90% (589 and 838 samples, respectively) of the whole dataset. These two soil textural classes are suitable soils for cultivation of most crops when considering the climatic risks associated with agricultural insurance purposes.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Spectroscopy predictions of clay content using the regional soil spectral library in a wide variability of soil texture reached $R^2_{\text{train}}=0.79$ with low $RMSE_{\text{train}}$ (7.75%) and R^2_{val} 0.77 with low $RMSE_{\text{val}}$ (8.69%). Classification of the predicted clay content values into three defined classes achieved high levels of agreement. This led to clear allocation, with a high degree of accuracy for classes 0, 2 and 3, which together represent more than 95% of the whole dataset. However, the worst incorrectly classification was observed for class 1. Soil texture is an important information in Brazilian agricultural insurance policies to mitigate the vulnerability of smallholder farmers to climate risk.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and Agricultural Research and Rural Extension Corporation of Santa Catarina (EPAGRI) for the financial support and FAPESP (Project n. 2014/22262-0) for the equipment support and the Geotechnologies in Soil Science Group, GEOSS (<http://esalqgeocis.wixsite.com/english>).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria Executiva da Comissão Especial de Recursos. Instrução Normativa n.2, de 9 de outubro de 2008. Diário Oficial [da] República Federativa da União, Brasília, DF, 13 out. 2008. Seção 1, p. 71.

DEISS, Leonardo.; FRANZLUEBBERS, Alan J.; MORAES, Anibal de. Soil Texture and Organic Carbon Fractions Predicted from Near-Infrared Spectroscopy and Geostatistics. **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 81, n. 5, p. 1222–1234, 2017. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/0/0/sssaj2016.10.0326>>.

DOTTO, André C. et al. Potential of spectroradiometry to classify soil clay content. **R. Bras. Ci. Solo**, [s. l.], v. 40, p. 1–8, 2016.

LOYOLA, Pedro; MOREIRA, Vilmar R.; VEIGA, Claudimar P da. Analysis of the Brazilian Program of Subsidies for Rural Insurance Premium: Evolution from 2005 to 2014. **Modern Applied Science**, [s. l.], v. 10, n. 7, p. 87, 2016. Disponível em: <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/55796>>.

MCBRATNEY, Alex. B.; MINASNY, Budiman.; VISCARRA ROSSEL, Raphael. Spectral soil analysis and inference systems: A powerful combination for solving the soil data crisis. **Geoderma**, [s. l.], v. 136, n. 1–2, p. 272–278, 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016706106001066>>. Acesso em: 31 out. 2018.

ROMERO, Danilo J. et al. Internal soil standard method for the Brazilian soil spectral library: Performance and proximate analysis. **Geoderma**, [s. l.], v. 312, n. July 2017, p. 95–103, 2018.

VISCARRA ROSSEL, Raphael et al. A global spectral library to characterize the world's soil. **Earth-Science Reviews**, [s. l.], v. 155, n. February, p. 198–230, 2016.

ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DO NÍVEL DE COBERTURA DO SOLO

Danilton Luiz Flumignan¹; Henrique Soares Ribas²; Cesar José da Silva¹; Éder Comunello¹; Carlos Ricardo Fietz¹

Autor para correspondência: danilton.flumignan@embrapa.br

¹Embrapa Agropecuária Oeste; ²Universidade Federal da Grande Dourados

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de ajustar um modelo matemático para estimar, em condições de campo, o coeficiente de cultivo (K_c) da cana-de-açúcar em função do nível de cobertura do solo pelo dossel. Um experimento foi instalado em área de 0,42 ha, na qual existia um lisímetro de pesagem de grande porte (7,2 m² de área, 1 m de profundidade útil de solo e aproximadamente 13.500 kg). A área foi dividida em quatro variedades e dois manejos de água (irrigado por gotejamento e sem irrigação). O lisímetro de pesagem foi utilizado para medir a evapotranspiração da variedade RB966928 irrigada e cultivada no espaçamento de 1,5 m entre sulcos. Da divisão desta evapotranspiração pela de referência, a qual foi obtida em estação meteorológica vizinha, pelo método Penman-Monteith, determinou-se diariamente os valores de K_c . Também foi avaliado o percentual de cobertura do solo (%CS) através de imagens aéreas tomadas com drone. Deste percentual derivou-se a fração coberta de solo (f_{CS}). As avaliações foram feitas desde o plantio até a máxima cobertura do solo. Ao total foram 13 avaliações em dez meses e os valores de %CS variaram de 0 a 99,9%. O modelo polinomial quadrático

$$K_c = -0,6613 \times f_{CS}^2 + 1,2743 \times f_{CS} + 0,4688 \quad \text{Eq. (101)}$$

foi ajustado apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,81 e erro padrão de 0,096.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; *Saccharum officinarum*; VANT

ESTIMATING CROP COEFFICIENT OF SUGARCANE FROM LEVEL OF GROUND COVER

ABSTRACT

This paper had the objective of fit a mathematical model to estimate the crop coefficient (K_c) of sugarcane in field by means of the level of ground cover by the crop canopy. An experiment was installed in a 0.42 ha area, in which exist a large weighing lysimeter (7.2 m² of surface area, 1 m of soil depth and almost 13,500 kg). This area was shared by four sugarcane varieties, which were cultivated under two water management (drip irrigated and non-irrigated). The weighing lysimeter was used to measure the evapotranspiration of the RB966928 variety cultivated under irrigation and planted with 1.5 m between rows. Through the division of the measured evapotranspiration by the reference one, which was obtained by a nearby weather station using the Penman-Monteith methodology, there were determined daily K_c values. In addition, it was evaluated the percentage of ground cover (%GC) through aerial images taken by a drone. From this percentage, the fraction of ground cover (f_{GC}) was calculated. Evaluations were done from planting until maximum ground cover. In total 13 evaluations were done in ten months and %GC values varied from 0 to 99.9%. The polynomial quadratic model

$$K_c = -0.6613 \times f_{GC}^2 + 1.2743 \times f_{GC} + 0.4688 \quad \text{Eq. (102)}$$

was successfully fitted showing a coefficient of determination (R^2) of 0.81 and a standard error of 0.096.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; *Saccharum officinarum*; UAV

INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético é parte importante do agronegócio nacional, tanto que em 2017 a área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) no Brasil ocupava pouco mais de 10 milhões de hectares e 90% destes se encontravam na região Centro-Sul (UNICA, 2019).

Por ser uma planta de metabolismo C4 sua produtividade é fortemente influenciada pela quantidade de água ofertada. Assim, tanto em um cenário de agricultura de sequeiro, quanto irrigada, que é o mais raro, é importante conhecer as necessidades hídricas do canavial. Isso pode ser conseguido através da utilização do coeficiente de cultivo (K_c), o qual representa a habilidade que um determinado cultivo, em um dado local e momento, tem em atender a demanda evaporativa da atmosfera (Allen et al., 1998). Valores de K_c das diferentes culturas normalmente estão tabelados na literatura, mas raras são as opções que se tem para consegui-los em tempo real, nas condições de campo da cultura implantada.

Com o avanço da tecnologia, o uso de drones está se consolidando na agricultura, com diferentes aplicações. Conforme demonstram Allen et al. (1998), as necessidades hídricas das culturas são fortemente relacionadas com a quantidade de área foliar e o nível de cobertura do solo pela vegetação. Assim sendo, presume-se que seja possível estimar os valores de K_c a campo, por meio de modelos matemáticos em função do nível de cobertura do solo, o qual pode ser facilmente quantificado usando drones.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve o objetivo de ajustar um modelo matemático para estimar, em condições de campo, o K_c da cana-de-açúcar em função do nível de cobertura do solo pelo dossel.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS. A parcela experimental era de 0,42 ha e nela existia um lisímetro de pesagem de grande porte (7,2 m² de área, 1 m de profundidade útil de solo e aproximadamente 13.500 kg). A referida parcela foi dividida com quatro variedades de cana e dois manejos de água (irrigado por gotejamento e sem irrigação). Dentro do fator água, 70% da parcela foi cultivada sob irrigação, enquanto que, do fator variedade, 35% constou do cultivo da variedade RB966928, a qual predomina nos canaviais de Mato Grosso do Sul.

O lisímetro de pesagem foi utilizado para medir a evapotranspiração da cana da variedade RB966928 irrigada. O canavial foi plantado no espaçamento de 1,5 m entre sulcos em 06/04/2018, após o devido preparo do solo e adubação. A evapotranspiração da cana (ET_c) foi medida diariamente por meio do balanço hídrico no lisímetro, considerando as entradas de água no sistema (chuva e irrigação), a saída por drenagem e a variação do armazenamento de água no solo. O escoamento superficial foi considerado nulo, devido à borda elevada do lisímetro.

Em estação agrometeorológica próxima monitorou-se as variáveis da atmosfera necessárias para estimar diariamente a evapotranspiração de referência (ET_0), pelo método de Penman-Monteith, conforme padronização disposta em Allen et al. (2005). Para isso, usou-se o software Ref-ET de Allen (2000).

Os valores diários de K_c foram obtidos pela seguinte equação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0}$$

Eq. (103)

onde K_c é o coeficiente de cultivo (adimensional), ET_c é a evapotranspiração da cana-de-açúcar (mm dia^{-1}) e ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}).

Também foi avaliado o percentual de cobertura do solo (%CS), através de imagens aéreas tomadas com drone, modelo Phantom 4 Advanced, da marca Dji®. Deste percentual derivou-se a fração coberta de solo (f_{CS}). As avaliações foram feitas desde o plantio (06/04/2018) até a máxima cobertura do solo, totalizando 13 avaliações em dez meses, as quais abrangeram desde 0 até 99,9% de %CS.

O drone esteve equipado com câmera RGB de 20 MP. Os voos foram realizados sempre no começo da manhã, a 100 m de altura, tomando-se 16 imagens da área com resolução de 3 cm por pixel. Na ocasião da análise das imagens do primeiro voo, demarcou-se uma área de controle para que todos os voos fossem analisados na mesma amostra de plantas. Essa amostra era de 45 m^2 e correspondia a três linhas vizinhas de cana de 10 m cada. Na análise da imagem o verde foi realçado na etapa de processamento e em seguida a imagem foi classificada em folha e não folha. O cálculo do %CS foi realizado dividindo-se o número total de pixels classificados como folha pelo número total de pixels da imagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O %CS, que na ocasião do plantio era de 0%, aumentou para próximo de 25% aos 84 dias após o plantio (DAP), superando 65% aos 126 DAP e 90% já aos 140 DAP (Figura 1). O crescimento inicial, nos primeiros 84 DAP, não foi tão rápido, pois neste primeiro momento os valores de %CS evoluíram de 0 para 25%. No entanto, nos 56 dias seguintes, até 140 DAP, o crescimento do %CS foi acentuado, saindo de 25 para 90%, aumento de 65%, aproximadamente $1,2\% \text{ dia}^{-1}$.

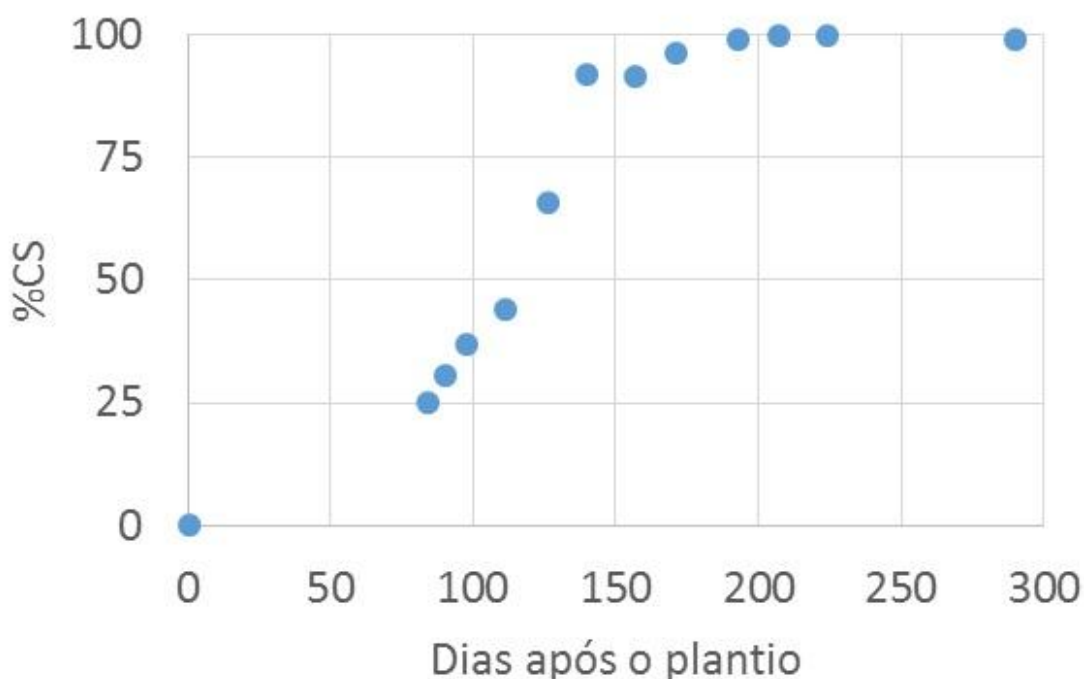


Figura 1

Figura 1: Percentual de cobertura do solo (%CS) pelo dossel da cana-de-açúcar, variedade RB966928, irrigada por gotejamento, desde o plantio (06/04/2018) até o final do monitoramento (21/01/2019).

A relação entre o nível de cobertura do solo e o K_c foi possível de ser modelada através de um modelo polinomial quadrático, que teve como variável resposta o K_c e variável preditora a f_{CS} (Figura 2). O modelo

ajustado apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,81 e erro padrão de 0,096. Conforme o modelo, tem-se que com solo descoberto o valor de K_c é aproximadamente 0,47. Da mesma forma, para 25% de %CS tem-se K_c de 0,75; para 50% tem-se K_c de 0,94, e para 75% o K_c é de 1,05, valor muito próximo de 1,08, obtido quando o %CS é igual a 100%. Assim, observa-se que a expansão dos valores de K_c ocorre majoritariamente até 60% de cobertura do solo, momento em que o K_c já se iguala a 1. Por outro lado, a partir daí o aumento dos valores de K_c é praticamente nulo/irrisório, tendendo a estabilizar.

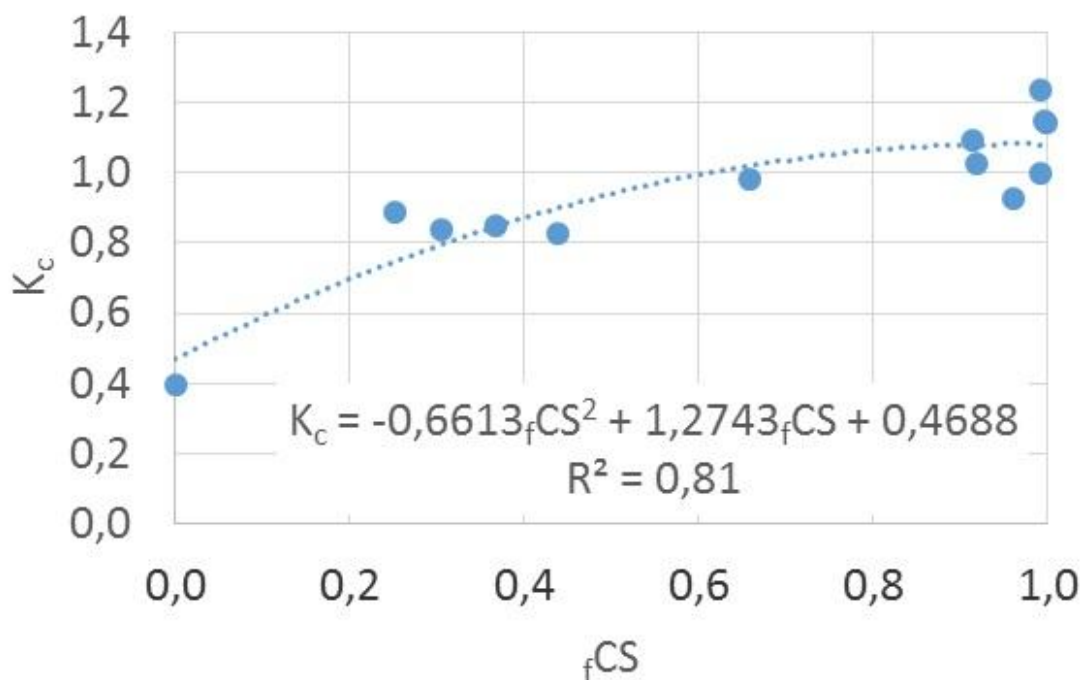


Figura 2

Figura 2: Ajuste do modelo matemático para estimativa do coeficiente de cultivo (K_c) da cana-de-açúcar em função do nível de cobertura do solo, expresso pela fração coberta de solo (fCS).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo polinomial quadrático de regressão (

$$K_c = -0,6613 \times fCS^2 + 1,2743 \times fCS + 0,4688 \quad \text{Eq. (104)}$$

) foi ajustado com R^2 de 0,81 e erro padrão de 0,096 para estimar valores de K_c da cana-de-açúcar, em condições de campo, em função do nível de cobertura do solo pelo dossel.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio financeiro para a execução do projeto por parte do CNPq e da FUNDECT (PRONEM - Termo de Outorga 077/2015).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G. **Ref-ET 2.0: reference evapotranspiration calculation software**. Kimberly, 2000. Disponível em: <<https://www.uidaho.edu/cals/kimberly-research-and-extension-center/research/water-resources/ref-et-software>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO irrigation and drainage paper, 56).

ALLEN, R. G.; WALTER, I. A.; ELLIOTT, R. L.; HOWELL, T. A.; ITENFISU, D.; JENSEN, M. E.; SNYDER, R. L. (Ed.). **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. Reston: ASCE, 2005. 216 p.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Área Plantada com cana-de-açúcar, 1980 – 2017**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

O EXCESSO HÍDRICO NO SOLO LIMITA O DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA?

Alexandre Ferigolo Alves¹; Nereu Augusto Streck²; Gilmara Peripolli Tonel³; Paula de Souza Cardoso¹; Paulo Marcks⁴

Autor para correspondência: alexandreferigolo@gmail.com

¹Estudante de Mestrado da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na UFSM, Santa Maria, RS; ²Professor na UFSM, Santa Maria, RS; ³Estudante de Técnico em Agropecuário no Colégio Politécnico da UFSM, Santa Maria, RS; ⁴Estudante de Tecnólogo em agronegócio na UFSM, Santa Maria, RS; ⁵Engenheiro Agrônomo, Santa Maria, RS.

RESUMO

A população mundial em 2050 pode aumentar para 9,8 bilhões de habitantes. A mandioca pode reduzir a fome e a pobreza rural, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do país. Dependendo do período de excesso hídrico no solo pode se tornar um problema para a cultura da mandioca. Neste sentido, objetivamos compreender o efeito do excesso hídrico, buscando as melhores práticas de manejo de solo para garantir estande de plantas e aumentar a produtividade de mandioca nesses ambientes. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, onde os tratamentos testados foram conforme as práticas de manejo e aos dias de excesso hídrico do plantio a pré-emergência. Observou-se que o uso de camalhões é uma prática que apresenta melhor desempenho diante das variáveis em estudo como: período de emergência, número de plantas estabelecidas e produtividade de raízes.

PALAVRAS-CHAVE: emergência; produtividade; camalhão

IS THE GROWTH OF CASSAVA LIMITED BY WATER EXCESS IN SOIL?

ABSTRACT

The world's population by 2050 may increase to 9.8 billion. Cassava can reduce hunger and rural poverty, contributing to the socioeconomic development of the country. Depending on the period of water excess in the soil can become a problem for the cassava crop. In this sense, we aim to understand the effect of water excess, searching for the best practices of soil management to guarantee the plant stand and increase the productivity of cassava in these environments. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria, where the treatments tested were in accordance with the management practices and the water excess days of the pre-emergence planting. It was observed that the use of ridges is a practice that presents better performance in relation to the study variables such as: emergency period, number of established plants and root productivity.

KEY-WORDS: emergency; productivity; ridge

INTRODUÇÃO

A população mundial em 2050 pode aumentar para 9,8 bilhões de habitantes, gerando um dos principais desafios nos próximos anos: a segurança e a soberania alimentar da população, pois, aumentará em 50% a demanda por alimentos (FAO, 2019). Diante deste cenário futuro, a mandioca foi eleita pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação a “rainha dos alimentos”, o alimento do século XXI,

capaz de reduzir a fome e a pobreza rural, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do país (FAO, 2013).

É uma cultura de baixo custo, cultivada em uma ampla faixa de locais (regiões tropicais e subtropicais), fácil adaptação e apresenta tolerância a secas, mas ao longo do ciclo, diversos fatores climáticos, ambientais e de manejo podem influenciar a cultura da mandioca e favorecer a perda de produtividade (TIRONI et al., 2015; TEIXEIRA et al, 2017). Dentre estes fatores, o fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) é um dos fatores que afetam diretamente as culturas e é um dos fenômenos atmosférico-ocêânicos mais importantes no Brasil principalmente no estado do Rio Grande do Sul, qual influência a temperatura e a precipitação, sendo apontado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do mundo (BERLATO, et al., 2005; L'HEUREUX, 2014).

Segundo o zoneamento de risco climático (ZARC), para o RS o plantio de mandioca se estende de agosto a novembro. A mandioca é uma cultura perene, onde o período de plantio que reflete o maior potencial produtivo é de agosto a setembro (CÂMARA; GODOY, 1998). A maior parte das regiões produtoras de mandioca no RS, apresentam áreas de solos mal drenados como Planossolos e imperfeitamente drenados como Argissolos (STRECK, 2008), por consequência dificultando o plantio de mandioca (antecipado) em anos que ocorre altas precipitações.

O excesso hídrico no solo é um problema para a cultura da mandioca? Sim, assim como em outras culturas não adaptadas a ambientes com longo período de alagamento, ocorre diminuição até ausência do oxigênio no solo, interferindo na cadeia respiratória das plantas, pois, o O₂ atua comoceptor final de elétrons, por consequência da ausência deste elemento, as células acabam metabolizando o piruvato e produzindo produtos fermentativos como etanol e lactato que são tóxicos para as plantas, ocasionando nas raízes e nas plantas injúrias, perda de produtividade e até mesmo morte (TAIZ & ZEIGER, 2013; DREW, 1997). Dentre as práticas de manejo de solo que possibilitam melhorar o ambiente radicular para o desenvolvimento da mandioca, o cultivo em camalhão é utilizado para evitar e minimizar os efeitos do excesso hídrico do solo para as plantas, já estudados para a cultura da soja (SARTORI et al, 2015), milho (FARACO et al, 2016) e tabaco (ZALUSKI & ANTONELLI, 2014).

OBJETIVOS DO TRABALHO

No período plantio a pré-emergência da cultura da mandioca objetivamos compreender o efeito do excesso hídrico, buscando as melhores práticas de manejo de solo para garantir estande de plantas e aumentar a produtividade de mandioca nesses ambientes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria/RS (29° 41' 03"S e 53° 48' 25" W) com altitude de 151 m. O solo do local é classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico (Streck et al., 2008). A cultivar de mandioca utilizada para o experimento foi a Vassourinha, por ser a principal cultivar de mesa plantada no estado do Rio Grande do Sul. O delineamento experimental utilizado foram blocos ao acaso com parcelas subdivididas no espaço, sendo um experimento bifatorial. Os tratamentos testados foram conforme as práticas de manejo e aos dias de excesso hídrico do plantio a pré-emergência. Fator A: manejo com camalhão e sem camalhão no solo e Fator B: dias de excesso hídrico (0, 2, 4, 6). O experimento foi implantado no dia 21 de setembro de 2018, de forma convencional, a adubação seguiu de acordo com a análise de solos. A densidade de plantas de mandioca foi 15 625 plantas/ha, no espaçamento de 0,8 m entre linha e 0,8 m entre planta, cada sub parcela foi constituída de seis fileiras com 10 plantas em cada fileira, totalizando 60 plantas, utilizando manivas com 5 a 7 gemas. Para impor o excesso hídrico foi utilizado irrigação por inundação. A avaliação de estabelecimento das plantas ocorreu de acordo com a data de emergência (quando 50% das plantas estiverem visíveis acima do solo) e com o número de plantas (apresentando no mínimo três folhas) em cada subparcela (avaliação realizada aos 60 dias após plantio).

Para avaliar o desenvolvimento e crescimento das plantas foram realizados semanalmente contagens do número de folhas de cinco plantas por parcela. A colheita foi no dia 03 de junho de 2019. Quatro plantas por tratamento foram colhidas e através da massa fresca das raízes destas plantas estimou-se a produtividade. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para variável emergência observou-se que houve diferença significativa entre os dois manejos estudados. Os tratamentos que se utilizou camalhão no solo para o cultivo de mandioca apresentou melhor desempenho quando comparado com os tratamentos sem camalhão, pois, minimizou o efeito do excesso hídrico. Por outro lado, não apresentou diferença significativa dos dias do excesso hídrico dentro de cada manejo (Tabela 1). Vale ressaltar que a temperatura é um dos fatores que interferem na brotação das manivas, pois, para a cultura da mandioca a temperatura base (Tb) de desenvolvimento é considerada 14°C (SCHONS et al., 2007), com temperaturas favoráveis entre 15°C a 30°C (GOMES e HOWELER, 1984). Sendo que em condições ideais a emergência ocorre entre 5-15 dias após o plantio (ALVES, 2006), portanto, outro fato que explica o maior período de emergência para os tratamentos, além do efeito do excesso hídrico no solo é que durante o plantio/emergência ocorreu temperaturas abaixo da Tb.

Tabela 1: Período de emergência das plantas de mandioca: Dias após plantio que 50% das plantas estiverem visíveis acima do solo.

Tratamento	Emergência (DAP)	
	Com camalhão	Sem camalhão
0 dias de excesso	28aA*	37aB
2 dias de excesso	30aA	41aB
4 dias de excesso	32aA	40aB
6 dias de excesso	30aA	40aB

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Ao avaliar o estabelecimento das plantas (Figura 1) nota-se que ocorreu diferença significativa entre os manejos. Os tratamentos com camalhão apresentaram estabelecimento de plantas entre 55-73% da população total implantada e sem camalhão apresentaram entre 8-14%. Devido ao baixo estabelecimento das plantas, nos tratamentos sem camalhões não apresentou plantas suficientes para realizar a avaliação da produtividade, tornando inviável a produção de mandioca em áreas alagadas sem o uso de camalhões. Os tratamentos com camalhão apresentaram produtividades consideráveis (Figura 2) mesmo sobre efeito do excesso hídrico no solo, pois, este manejo minimizou o estresse hídrico nas plantas.

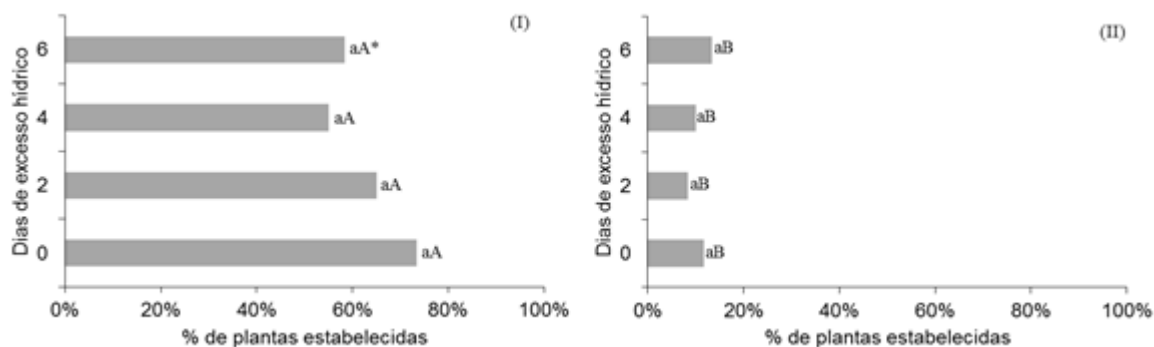


Figura 1: Percentual de plantas estabelecidas em cada tratamento. Os tratamentos com camalhão estão representados por (I) e os tratamentos sem camalhão representados por (II). *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

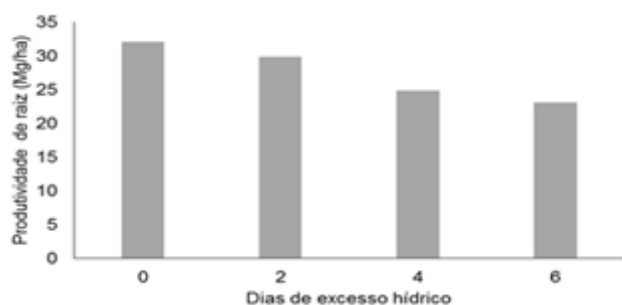


Figura 2: Produtividade em massa fresca de raízes nos tratamentos com camalhão. Os tratamentos sem camalhão não apresentaram plantas representativas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No período plantio-emergência o excesso hídrico afetou a germinação das “manivas” e a emergência das plantas, reduzindo o percentual de estabelecimento de mandioca. O uso de camalhões em áreas de fácil alagamento minimiza o efeito do excesso hídrico, garantindo melhor estande de plantas e consideráveis produtividades de mandioca. A não utilização de camalhões em ambientes de fácil alagamento inviabiliza o cultivo de mandioca.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UFSM; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERLATO, M. A. et al. Associação entre El Niño Oscilação Sul ea Produtividade do Milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília: n. 5, v. 40, p. 423-432, maio 2005.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P. I. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) a partir de manivas com diferentes diâmetros. **Scientia Agricola**, v.55, p. 326-331, 1998.

DREW, M. C.; Oxygen deficiency and root metabolism injury and acclimation under hipoxia and anoxia. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 48, n.1, p. 223-225, 1997.

FARACO, J. R. et al. Rendimento de grãos e eficiência do uso de água da cultura do milho em áreas de cultivo de arroz inundado com diferente manejo de irrigação e drenagem. **Irriga, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas**, p. 274-290, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS **FAOSTAT**, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS **FAOSTAT**, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

L'HEUREUX, M. What is the El Niño – Southern Oscillation (ENSO) in a nutshell? **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**. 2014.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos de soja em função de sistemas de plantio e irrigação por superfície em Planossolos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.12, p.1139-1149, dez. 2015.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEIXEIRA, P. R. G. et al. Physical-chemical characteristics of sweet cassava varieties. Agrária - **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.158-165, 2017.

ZALUSKI, P.; ANTONELI, V. Variabilidade na Infiltração da Água no Solo em área de Cultivo de Tabaco na Região Centro-Sul do Paraná. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 24, n. 41, 2014.

DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA EM FUNÇÃO DO MANEJO EM TERRAS ALTAS E TERRAS BAIXAS

Bruna Lago Tagliapietra¹; Maritiele Naissinger da Silva¹; Eduardo Lago Tagliapietra¹; Amanda Thirza Lima Santos¹; Neila Silvia Pereira dos Santos Richards¹

Autor para correspondência: bruna_tagliapietra@hotmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

A mandioca é amplamente cultivada e constitui-se numa importante fonte energética de grande parte da população mundial. O estudo objetivou investigar se, o tipo de manejo empregado nas lavouras de mandioca influencia na produtividade e no teor de proteína das raízes de mandioca? Os experimentos foram conduzidos em ambientes de terras altas e terras baixas no Rio Grande do Sul no ano agrícola 2017/2018. Os tratamentos testados para elaboração da curva de resposta aos níveis tecnológicos empregados pelos agricultores foram: NT B – nível tecnológico baixo; NT M – nível tecnológico médio; NT A – nível tecnológico alto. Foram realizadas análises físico-químicas para a determinação de umidade e proteína, também foi calculado o índice de produtividade das raízes ($ta\ h^{-1}$). O maior teor de proteína foi encontrado em terras altas. O acúmulo de proteína foi crescente, do NT B, NT M ao NT A. O NT A apresentou os maiores teores de proteína, tanto em terras altas como em terras baixas. As raízes de mandioca de terras altas apresentaram os maiores teores de umidade. Portanto, o manejo empregado nas lavouras de mandioca interfere na produtividade e no acúmulo de proteína das raízes.

PALAVRAS-CHAVE: Mandioca; Proteína; Produtividade

CASSAVA DEVELOPMENT MANAGEMENT FUNCTION IN LAND HIGH AND LOW LAND

ABSTRACT

Cassava is widely cultivated and constitutes an important energy source for much of the world's population. The objective of this study was to investigate whether the type of management used in cassava crops influences yield and protein content of cassava roots? The experiments were conducted in upland and lowland environments in Rio Grande do Sul in the agricultural year 2017/2018. The treatments tested to elaborate the response curve to the technological levels used by farmers were: NT B - low technological level; NT M - medium technological level; NT A - high technological level. Physicochemical analyzes were performed to determine moisture and protein, and the root productivity index ($ta\ h^{-1}$) was also calculated. The highest protein content was found in highlands. The accumulation of protein was increasing, from NT B, NT M to NT A. NT A presented the highest levels of protein, both in upland and lowland. Highland manioc roots had the highest moisture content. Therefore, the management used in cassava crops interferes with the productivity and the accumulation of protein in the roots.

KEY-WORDS: Cassava; Protein; Productivity

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura amplamente cultivada e constitui o alimento básico mais importante de diversos países. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em 2016, a produção mundial de raízes de mandioca correspondeu a 277,1 milhões de toneladas, sendo a Nigéria o maior produtor, seguido da Tailândia, Indonésia e Brasil (FAO, 2016). Nas regiões tropicais e em países em desenvolvimento a raiz é considerada a terceira fonte de alimento energético mais importante, ficando atrás apenas do arroz e do milho (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005).

A mandioca é cultivada predominantemente em pequenas propriedades familiares, como cultura de subsistência e fonte de renda para o sustento da família, onde na sua maioria é comercializada na forma *in natura* (FENIMAN, 2004). Devido a flexibilidade de adaptação da planta as várias condições climáticas, tolerância a seca e o bom desempenho agrônômico (TIRONI et al, 2015), os produtores consideram que a cultura demanda pouco manejo o que resulta em baixas produtividades. As baixas produtividades, atualmente podem ser explicadas pelos níveis tecnológicos empregados pelos produtores rurais (ALBERTO et al., 2018). Contudo, os elementos que compõe a raiz de mandioca podem diferir de uma cultivar para outra, resultando em diferenças singulares relacionadas tanto às características sensoriais, tempo de cozimento, como também no aspecto nutricional.

As raízes de mandioca apresentam uma composição média de 68,2% de umidade, 30% de amido, 2% de cinzas, 1,3% de proteínas, 0,2% de lipídeos e 0,3% de fibras, sendo consideradas um alimento altamente energético (MAYEVES et al., 2012). As condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura e no período da colheita podem afetar a qualidade das raízes de mandioca, sendo que a influência desses fatores decorre dos processos fisiológicos de crescimento, acúmulo e mobilização de substâncias nas raízes tuberosas dessa planta, que irão interferir na composição (LORENZI, 1994).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Apesar da mandioca representar a base alimentar de grande parte da população mundial poucos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de comparar os tipos de manejo empregado nas lavouras quanto ao aspecto da composição nutricional. Nesse contexto, o tipo de manejo empregado nas lavouras de mandioca influencia na produtividade e no teor de proteína das raízes de mandioca?

MATERIAIS E MÉTODOS

Experimentos de campo foram desenvolvidos no ano agrícola 2017/2018 em terras altas, no município de Julio de Castilhos (Latitude 29°26'02.0" S: Longitude 53°31'54) e terras baixas nos municípios de Itaqui (Latitude 29°09'21.68" S: Longitude 56°33'02.58" W) – Rio Grande do Sul. O clima de ambas as regiões segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (KUINCHTNER; BURIOL, 2001). O solo da área experimental de Julio de Castilhos é Argissolo Vermelho-amarelo Alumínico Úmbrico e é típico de terras altas no Rio Grande do Sul (solos bem drenados e que tradicionalmente cultivam-se culturas de sequeiro, como soja, milho, feijão etc.). O solo da área experimental de Itaqui é classificado como Plintossolo Háptico (EMBRAPA, 2013), e é típico de terras baixas no Rio Grande do Sul (solos com deficiência de drenagem e que são utilizados para o cultivo de arroz irrigado) (STRECK et al., 2008).

A cultivar utilizada foi a Vassourinha, por ser a principal cultivar de mandioca de mesa plantada no estado do Rio Grande do Sul. Possui características que favorecem a preferência pelos produtores e consumidores, como alta produtividade, facilidade de colheita e boa qualidade culinária. Os tratamentos testados para elaboração da curva de resposta aos níveis tecnológicos empregados pelos agricultores foram: NT B – nível tecnológico baixo; NT M – nível tecnológico médio; NT A – nível tecnológico alto. As propriedades caracterizadas com nível tecnológico alto foram aquelas que realizavam correção dos níveis de cálcio e magnésio, o uso de adubo seguia as recomendações técnicas para a cultura, utilizavam herbicida pré-emergente, faziam o controle de plantas daninhas em pós emergência por meio de capina e agrotóxicos e realizavam o controle de insetos e doenças, sempre que necessário. No nível médio a calagem é realizada, a adubação aplicada era a metade da recomendada para a cultura, não era realizado o controle fitossanitário com agrotóxicos, e o controle de plantas daninhas foi realizado através de três capinas. O nível tecnológico

baixo foi caracterizado por propriedades que não realizavam correção do solo com calcário, adubação, controle químico de pragas, realizavam apenas duas capinas após a emergência da cultura.

Foi usado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com amostragem na parcela. A produtividade das raízes ($t\ ha^{-1}$) foi determinada em cada parcela por amostragem das dez plantas marcadas em cada parcela (TIRONI et al., 2015). A determinação de umidade e proteína foi realizada pelos métodos preconizados pela Official Methods of Analysis (AOAC, 2005) após a cocção das raízes. Todas as determinações foram feitas em triplicatas e os resultados expressas em base seca. Os dados foram submetidos a análise de variância e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) através do *software* estatístico SPSS Statistics 20.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de proteína e umidade das raízes de mandioca analisadas, onde se observou a influência do manejo na composição química das raízes.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos das raízes de mandioca cultivadas em níveis tecnológicos em terras altas e terras baixas.

Parâmetros físico-químicos	Terras Altas			Terras Baixas			CV (%)
	NT B	NT M	NT A	NT B	NT M	NT A	
Umidade (%)	71,42 ^{ab}	74,49 ^a	73,03 ^{ab}	64,28 ^c	62,35 ^c	69,62 ^b	2,52
Proteína (%)	1,05 ^b	1,41 ^a	1,50 ^a	0,68 ^c	0,97 ^b	1,09 ^b	9,65

Legenda: NTB = nível tecnológico baixo; NTM = nível tecnológico médio; NTA = nível tecnológico alto.

As raízes apresentaram baixos teores de proteína, variando de 0,68% a 1,50%, o que era esperado, devido as raízes serem a parte da planta com função de armazenar carboidratos na forma de amido. Porém, o maior teor de proteína foi encontrado em terras altas. O NT A apresentou os maiores teores de proteína, tanto em terras altas como em terras baixas. Esses resultados demonstram que as práticas de manejo realizadas pelos produtores nas lavouras influenciam na composição das raízes. Houve diferença significativa na proteína ($p < 0,05$) entre os níveis tecnológicos, comparando o NT A e o NT B dos locais (terras altas e terras baixas). O teor de proteína aumenta com o acréscimo da adubação, a incorporação de nitrogênio ao solo apresenta relação direta com os teores de proteínas e aminoácidos que se acumulam no conteúdo celular das plantas (Nunes et al., 2016).

Os teores de umidade variaram de 62,35% a 74,49%, sendo os maiores teores nas raízes de terras altas. A absorção de água pelas raízes ocorre através do contato entre a superfície das raízes e o solo, portanto quanto maior a superfície radicular maior a capacidade de absorção de água e íons do solo (Taiz & Ziegler, 2013). Em terras alta há um maior crescimento das raízes, e melhores produtividades, tendo como consequência teor mais elevado de umidade. O melhor desempenho da parte aérea e o controle de plantas daninhas no NT Alto explica o maior teor de umidade neste tratamento, pois com o aumento de hastes e folhas das plantas de mandioca a perda de água por evaporação que ocorre no solo e pela competição das plantas daninhas é menor. O rápido fechamento da entre linha diminui a insolação incidida no solo, pelo fato do auto sombreamento que essas estruturas exercem, diminuindo a evaporação e também o aparecimento de plantas daninhas, aumentando a disponibilidade de água e nutrientes para as raízes. Os níveis de sombreamento variam de acordo com a natureza da cobertura do solo e afetam diretamente a temperatura e umidade do solo (Oliveira, 2005).

A Figura 1 apresenta a produtividade das raízes de mandioca encontradas nas terras altas e nas terras baixas em função do nível tecnológico empregado na lavoura pelos produtores.

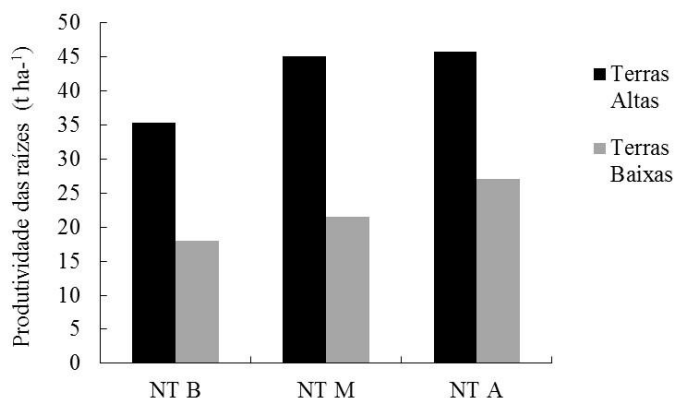


Figura 1: Produtividade das raízes de mandioca em função do manejo empregado nas lavouras.

As produtividades das raízes de mandioca variaram entre os níveis tecnológicos. Nas terras altas a produtividade foi de 35,28 t ha⁻¹ no NT B a 45,76 t ha⁻¹ no NT A, nas terras baixas variou de 18,01 t ha⁻¹ a 26,99 t ha⁻¹, respectivamente. O uso de genótipos tolerantes à seca, melhor preparo do solo, melhor adubação, o controle de pragas, doenças e ervas daninhas são práticas de manejo apontadas para aumentar a produtividade das lavouras de mandioca no Brasil.

Em ambos os locais (terras altas e terras baixas) a produtividade foi crescente, do NT B, NT M ao NT Alto. Esses resultados demonstram que as práticas de manejo, a aplicação de fertilizantes resultou em um aumento da produtividade das raízes de mandioca. Fertilizantes minerais, especialmente N e K, podem ser necessários para atender às exigências nutricionais da mandioca (Munyahali et al., 2017). Os resultados desse estudo têm implicações importantes para lavouras de produtores com baixo nível de fertilidade, a incorporação de fertilizantes provavelmente resultará em benefícios econômicos, a fim de maximizar a produtividade e rentabilidade da produção agrícola

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O nível tecnológico alto, tanto em ambientes de terras altas como em terras baixas, apresentou a maior produtividade de raízes, sendo assim a produtividade das raízes (t há⁻¹) foi influenciada pelo manejo empregado. O manejo da lavoura também interferiu no acúmulo de proteína nas raízes, sendo que o nível tecnológico alto apresentou os maiores teores de proteína, seguido do nível tecnológico médio e do nível tecnológico baixo, tanto em ambientes de terras altas como em terras baixas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALBERTO, Cleber Maus. et al. Crescimento de raízes de mandioca sob diferentes níveis tecnológicos em terras baixas. In: Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – SIEPE. Universidade Federal do Pampa. Santana do Livramento, 6 a 8 de novembro de 2018.

CARDOSO JUNIOR, Nelson dos Santos. Efeito do nitrogênio em características agrônômicas da mandioca. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.4, p.651-659, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n4/a15v64n4.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FENIMAN, Cristiane Mengue. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas**

de colheita. 2004. 99 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-24112004-080950/pt-br.php>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Agricultural production: crops primary**. 2016. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 10. jun. 2019.

KUINCHTNER, Angélica; BURIOL, *Galileo Adel*. Clima do estado do Rio Grande do Sul, segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarium Scientia**, Série, Ciências exatas: Santa Maria, v, 2, n.1, p.171-182, 2001. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1136>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

TIRONI, Luana Fernandes. et al. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v.74, n. 1, p.58-66, 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v74n1/0006-8705-brag-74-1-58.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

STRECK, Nereu Augusto. et al. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. **Bragantia**, v.67, n.1, p.67-73, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n1/a08v67n1.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

NUNES A. R. A. et al. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.2, p.242-247, fev, 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v46n2/1678-4596-cr-46-02-00242.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

OLIVEIRA M. L et al. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9, n.4, 2005. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000400015>. Acesso em: 12 jun. 2019.

LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 237-245, 1994. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v53n2/13.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

MUNYAHALI, W. et al. Responses of cassava growth and yield to leaf harvesting frequency and NPK fertilizer in South Kivu, Democratic Republic of Congo. **Field Crops Research**, v. 214, p. 194–201, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429017306421>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

DÉFICIT HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO

João Pedro Ferreira Santos¹; Itamara Bomfim Gois¹; Lucas Alexandre dos Santos Rocha¹; Laura Catharine Dória Prata Lima¹; Renata Silva-Mann¹

Autor para correspondência: joao20pedro@outlook.com

¹Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

A presença de água é essencial para a germinação, assim a restrição hídrica é fator limitante para o desenvolvimento das plântulas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de observar a influência do estresse hídrico por restrição na germinação de sementes da variedade de milho crioulo Pé-de-boi, tradicionalmente cultivada por pequenos agricultores no Sul do estado de Sergipe. As sementes foram semeadas em papel do tipo Germitest umedecido com soluções de polietilenoglicol PEG 6000 em quatro potenciais osmóticos: 0,0 (água - testemunha); -0,1 MPa; -0,3 MPa; -0,6 MPa e -0,9 MPa. Foi avaliada a germinação (porcentagem e Índice de velocidade de Germinação - IVG). Observou-se que as sementes germinaram em restrição promovida por soluções com potencial osmótico de -0,1 a -0,3 MPa.

PALAVRAS-CHAVE: estresse; restrição; seca

WATER DEFICIT IN THE GERMINATION OF CREOLE SEEDS OF CORN

ABSTRACT

The presence of water is essential for the germination, so the water restriction is a limiting factor for the development of the seedlings. This work was carried out with the objective of observing the influence of water stress by restriction on the germination of seeds of the Creole variety, traditionally cultivated by small farmers in the southern state of Sergipe. The seeds were seeded on Germitest type paper moistened with solutions of polyethylene glycol PEG 6000 in four osmotic potentials: 0,0 (water - control); -0.1 MPa; -0.3 MPa; -0.6 MPa and -0.9 MPa. Germination (percentage and germination speed index - IVG) was evaluated. It was observed that the seeds germinated in restriction promoted by solutions with osmotic potential of -0.1 to -0.3 MPa.

KEY-WORDS: stress; restriction; drought

INTRODUÇÃO

O milho, *Zea mays* L., é uma espécie de extrema importância econômica em nível mundial, pois é matéria-prima para uma infinidade de produtos utilizados no nosso cotidiano (MAGALHÃES et al., 2002). No Brasil, sua cadeia produtiva é uma das mais importantes do agronegócio brasileiro (CALDARELLI et al., 2012). Ele é um dos principais ingredientes das rações, essencial para produção animal.

A variedade utilizada no experimento é crioula, conhecida como Pé-de-boi. O milho crioulo é cultivado tradicionalmente por pequenas comunidades da agricultura familiar, nesse caso a variedade é utilizada na região Sul do estado de Sergipe, em condições que se empregam baixa tecnologia. As variedades crioulas podem ser mais adaptadas a esse sistema de cultivo (PÍPOLO et al., 2010), além de possuir características

agronômicas interessantes ao uso em programas de melhoramento genético como resistência a pragas, doenças e rusticidade.

As mudanças climáticas desregularizam os regimes hídricos e a presença de água é essencial para o desenvolvimento da cultura, e um dos estádios mais críticos do ciclo de vida da planta é fase na qual ocorre a germinação (KAPPES et al., 2010). Esse processo está altamente relacionado com a presença de água no solo.

A sua baixa disponibilidade afeta severamente não só a germinação como todo o desenvolvimento da planta. Levando em consideração os problemas climáticos, o déficit hídrico é uma realidade que já estamos vivendo em diversas regiões do país, principalmente no semiárido da região Nordeste. Nesta região, os produtores não conseguem mais produzir por sequeiro e encontram problemas não só financeiros na instalação de sistemas de irrigação como também na qualidade da água disponível na região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a influência do estresse hídrico na germinação de sementes crioulas de milho, variedade Pé-de-boi.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido entre abril e maio de 2019, no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Departamento de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Sergipe. O déficit hídrico foi simulado empregando soluções de polietilenoglicol 6000 (PEG). Os potenciais osmóticos utilizados foram 0,0 (água) e -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa. Os níveis de potenciais osmóticos atuam de diferentes intensidades na absorção de água pelas células das raízes da planta (TAIZ, et al., 2017), assim quanto menor for o nível de potencial, maior será a interrupção da absorção de água pelas células das raízes. Esses níveis são os mais utilizados nestes tipos de trabalhos relacionados aos estresses submetidos as sementes. As soluções de PEG foram obtidas de acordo com a metodologia descrita por Villela (1991).

As soluções foram utilizadas para umedecer os papéis de germinação, empregando 2,5 vezes o seu peso de solução. As sementes foram dispostas em papel germitest, na forma de rolos, e foram dispostas em incubadora tipo B.O.D. a 25°C com fotoperíodo de 12h/12h. As avaliações foram realizadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo a primeira contagem realizada ao quarto e a contagem final ao sétimo dia após a montagem do teste.

A partir dos dados obtidos, foram estimadas a porcentagem de Germinação (%G) e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (testemunha e os diferentes potenciais) e oito repetições de 25 sementes por tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e foi realizada a regressão polinomial para verificar o comportamento das sementes em função dos níveis de potencial osmótico. Para as análises foi empregado o pacote estatístico ExpDes (FERREIRA et al., 2018) no software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos empregados para induzir estresse hídrico em sementes de milho crioulo (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da Análise de Variância para as variáveis porcentagem de Germinação (%G) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em sementes crioulas de milho variedade pé-de-boi submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. UFS, São Cristóvão, Sergipe.

Fonte de Variação	GL	-----Quadrado Médio-----	
		% G	IVG
Tratamento	4	1,10**	50,23**
Resíduo	35	0,006	0,14
CV (%)		11,15	9,73

**significativo a 1% pelo teste F.

O estresse hídrico contribui para a redução da germinação de sementes e, para cada espécie existe um valor de potencial hídrico abaixo do qual a germinação não ocorre (ÁVILA et al., 2007). Observou-se que, para as sementes crioulas de milho, não houve diferença estatística significativa entre a testemunha e os tratamentos -0,1 MPa e -0,3 MPa (Tabela 2). Para a variável Índice de Velocidade de Germinação não houve diferença ($p>0,05$) entre a testemunha e o tratamento -0,1 MPa (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios para de Germinação (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em sementes de milho submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico com soluções de Polietilenoglicol 6000.

Potencial osmótico	Variáveis	
	G (%)	IVG
0,0 MPa	97,00 a	5,99 a
-0,1 MPa	95,50 a	5,79 a
-0,3 MPa	92,00 a	4,93 b
-0,6 MPa	51,50 b	1,84 c
-0,9 MPa	12,50 c	0,45 d

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com a redução do potencial osmótico, verificou-se uma redução significativa na porcentagem de germinação (Figura 1a). Para os potenciais -0,6 MPa e -0,9 MPa houve sensibilidade das sementes quando expostas ao estresse hídrico. A mesma tendência foi observada para o Índice de Velocidade de Germinação (Figura 1b), sendo observada diferença estatística significativa para esta variável a partir do potencial -0,3 MPa.

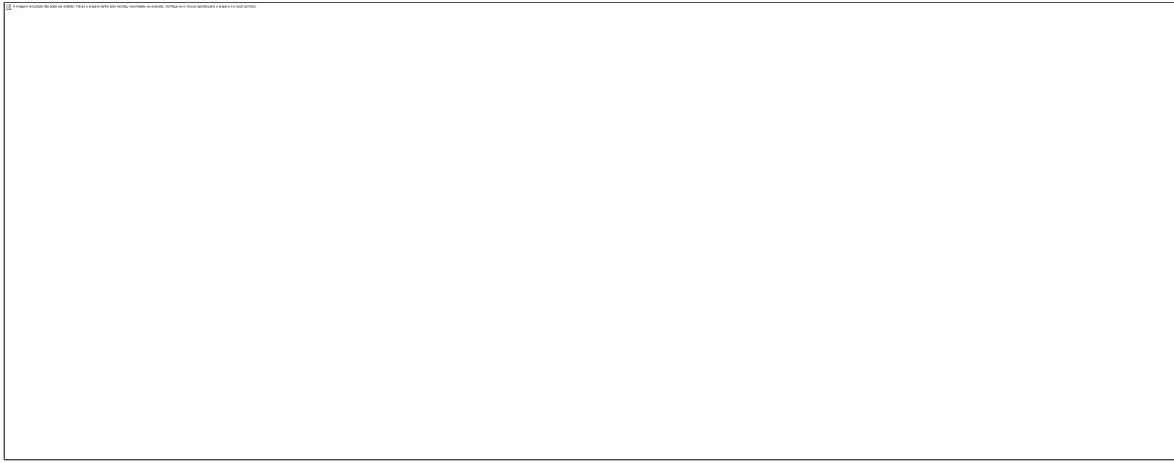


Figura 1. Porcentagem de germinação (A) e índice de Velocidade de Germinação (B) para sementes crioulas de milho submetidas a diferentes potencias de estresse hídrico.

**significativo pelo teste F a 1% de significância.

A influência do estresse hídrico na germinação tem sido estudada para diversas espécies. Em potenciais de -0,6 MPa duas variedades de milho-pipoca não apresentaram germinação (MOTERLE et al., 2006). A partir do potencial osmótico -0,2 MPa, as sementes de feijão-caupi apresentaram drástica redução na porcentagem de germinação e no Índice de Velocidade de Germinação (FERREIRA et al., 2017). Com estes resultados evidencia-se a importância da água no processo de germinação e, posterior desenvolvimento da planta.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A restrição hídrica influencia negativamente a germinação de sementes de milho crioulo, variedade Pé-de-boi em potenciais acima de -0,3 MPa.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Trabalho realizado com consumíveis do Laboratório de Tecnologia de Sementes da UFS.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C. A. Teste de comprimento de plântulas sob estresse hídrico na avaliação do potencial fisiológico das sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 117-124, 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília. 1992, 365p.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova economia**, v. 22, n. 1, p. 141-164, 2012.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. et al. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, 2010.

FERREIRA, A. C. T. et al. Water and salt stresses on germination of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1009-1016, 2017.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: Experimental Designs. 2018.

KAPPES, C. et al. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2009.

MAGALHÃES, P. C. et al. Fisiologia do milho. **CEP**, v. 35701, p. 970, 2002.

MAGUIRE, James D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MOTERLE, L. M. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 169-176, 2006.

PADILHA, L. et al. Relação entre o teste de deterioração controlada e o desempenho de sementes de milho em diferentes condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 198-204, 2001.

VILLELA, Francisco Amaral; DONI FILHO, Luiz; SEQUEIRA, Eliseo Leclerc. Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno Glicol 6.000 e da Temperatura. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1991.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA DO ABACAXI PARA AS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO MUNICÍPIO DE JARAGUÁ-GO

Isabel de Sousa Vaz¹; Derblai Casaroli²; Rafael Battisti²; José Alves Júnior²; Adão Wagner Pêgo Evangelista²

Autor para correspondência: isabel.pj24@gmail.com

¹Aluna de Iniciação Científica, do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO. Email: isabel.pj24@gmail.com; ²Professor Efetivo, Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, UFG. Email: derblai@ufg.br; r.battisti@hotmail.com; josealvesufg@yahoo.com.br; awpego@gmail.com

RESUMO

A quantidade de chuva requerida por uma cultura deve ser atendida para que ela consiga atingir seu potencial máximo de produção. O objetivo do trabalho foi avaliar a necessidade hídrica e o índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) do abacaxizeiro a partir de variáveis edafoclimáticas do município de Jaraguá-GO. Assim, utilizando dados meteorológicos de 35 anos elaborou-se o balanço hídrico sequencial da cultura. A CAD (capacidade de água disponível) foi determinada a partir de equações de pedotransferência. Foi simulado um ciclo de 15 meses para o abacaxizeiro, com início em 01/02, finalizando em abril do ano seguinte. A necessidade hídrica média do ciclo foi de 633,62 mm, sendo a fase vegetativa a de maior demanda (463,21 mm). O ISNA obteve média de 0,66 ($\sigma \pm 0,06$). Recomenda-se a reposição da água evapotranspirada via irrigação visando atender o ISNA=1,0.

PALAVRAS-CHAVE: Ananas cosmosus; Déficit hídrico; Manejo da irrigação

WATER REQUIRIMENT OF PINEAPPLE CROP FOR THE EDAFOCLIMATIC CONDITIONS OF JARAGUÁ-GO COUNTY

ABSTRACT

The amount of rainfall required by a crop must be supplied that it can reach its highest potential production. The aim of this work was to evaluate the water requirements and its water needs satisfaction index (ISNA) of pineapple crop cultivated in Jaraguá-GO county from its edaphoclimatic conditions. For this, it was used the meteorological data (35 years) to establish the crop sequential water balance. It was determined the available water capacity (CAD) by pedotransference function. It was simulated a cycle of 15 months, beginning in February 1st and finished in April of the next year. The water requirement average to the cycle was 633.62 mm, which the vegetative phase showed the greater demand (463.21 mm). The average of ISNA was 0.66 ($\sigma \pm 0.06$). We recommended the replacement of the evapotranspired water though irrigation in order to meet the ISNA=1.0.

KEY-WORDS: Ananas cosmosus; Water stress; Irrigation management

INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro, da espécie *Ananas comosus* var. *comosus*, detém grande destaque no mercado econômico brasileiro. O Estado de Goiás se encontra como oitavo maior produtor (60.104 t ano⁻¹). O município de Jaraguá-GO é o maior produtor goiano, com 41.925 t (IBGE, 2017).

O ciclo do abacaxizeiro pode variar de 16 a 24 meses, dependendo da cultivar, das condições agrometeorológicas e do manejo da cultura. Parte deste período (≈ 3 meses) é destinado a formação de mudas (MONTEIRO, 2009).

Esta cultura requer uma quantidade de chuva anual de 1.000 a 1.500 mm de forma bem distribuída. Em função da irregularidade das chuvas, ou em regiões com déficit hídrico típico, o uso da irrigação torna-se imprescindível para garantir uma produtividade economicamente viável. As fases críticas para a cultura são as fases de crescimento vegetativo e floração, onde o déficit hídrico pode afetar a produção e, conseqüentemente, o peso e a qualidade do fruto (CARVALHO et al., 2005).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste estudo foi de verificar a necessidade hídrica para a cultura do abacaxi cultivado nas condições edafoclimáticas do município de Jaraguá-GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

As simulações foram realizadas com dados do município de Jaraguá-GO ($15^{\circ}45'25''S$; $49^{\circ}20'04''W$; 666 m). O clima, segundo Köppen, foi classificado como Aw (ALVARES et al., 2014). O solo da região é o ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (SIEG, 2017). Na região, são utilizadas “mudas grandes”, e assim, o tempo médio do ciclo é de 15 meses, dividido em três fases: vegetativa (8 meses), reprodutiva (5 meses) e propagativa (2 meses) (ALMEIDA et al., 2002). A escolha do início do plantio foi definida em fevereiro, pois está dentro do período permitido pela Portaria 226/2012 do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

Foi utilizado um banco de dados meteorológico de uma série de 35 anos (1980-2015) estimados por Xavier et al. (2015). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006). A evapotranspiração de cultura (ET_c), a qual descreve a necessidade hídrica, foi obtida pelo produto da ET_o e dos valores de K_c (coeficiente de cultura), que foram obtidos para as diferentes fases do desenvolvimento do abacaxizeiro: fase inicial ou vegetativa, K_c=0,5; fases reprodutiva e propagativa, K_c=0,3 (ALLEN et al., 2006). A evapotranspiração real (ETR) foi determinada pelo balanço hídrico sequencial da cultura (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), que usou uma capacidade de água disponível CAD=51,7 mm, estimada pela seguinte equação:

$$CAD = 1000 \times (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times Ze \quad \text{Eq. (105)}$$

sendo θ_{cc} a umidade na capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$), θ_{pmp} a umidade no ponto de murcha permanente ($m^3 m^{-3}$), estimado por funções de pedotransferência (ASSAD et al., 2001) a partir do valor de areia total do solo AT=49% (RADAMBRASIL, 1974), e Ze é a profundidade efetiva do sistema radicular, Ze=0,45 m (ALLEN et al., 2006). Os valores do ISNA (Índice de Satisfação de Necessidade de Água) foram obtidos pela razão ETR/ET_c (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). A análise dos resultados foi baseada na estatística descritiva, sendo utilizadas as médias e as variabilidades (desvios).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período avaliado (1980-2015), observou-se que a média de ET_o no período de um ciclo foi de 1442,68 mm, seu valor de máxima ocorreu em 2007 com 1634,30 mm ciclo⁻¹ e de mínima em 1992 com 1271,86 mm ciclo⁻¹ (Figura 1A). Quanto a precipitação, sua média foi de 1499,39 mm ano⁻¹, sua máxima de 2059,24 mm ano⁻¹, em 1992, e mínima de 1149,20 mm ano⁻¹, em 1990 (Figura 1A). Não foram observadas chuvas consideradas excessivas (≥ 3000 mm) para o abacaxizeiro, que associado a má drenagem do solo pode ocasionar perdas de produtividade (MATOS et al., 2006). Vale ressaltar que a precipitação média diária do ciclo foi de 4,16 mm dia⁻¹, e para as fases vegetativa, reprodutiva e propagativa foram iguais a 2,6, 7,17 e 5,31 mm dia⁻¹, respectivamente.

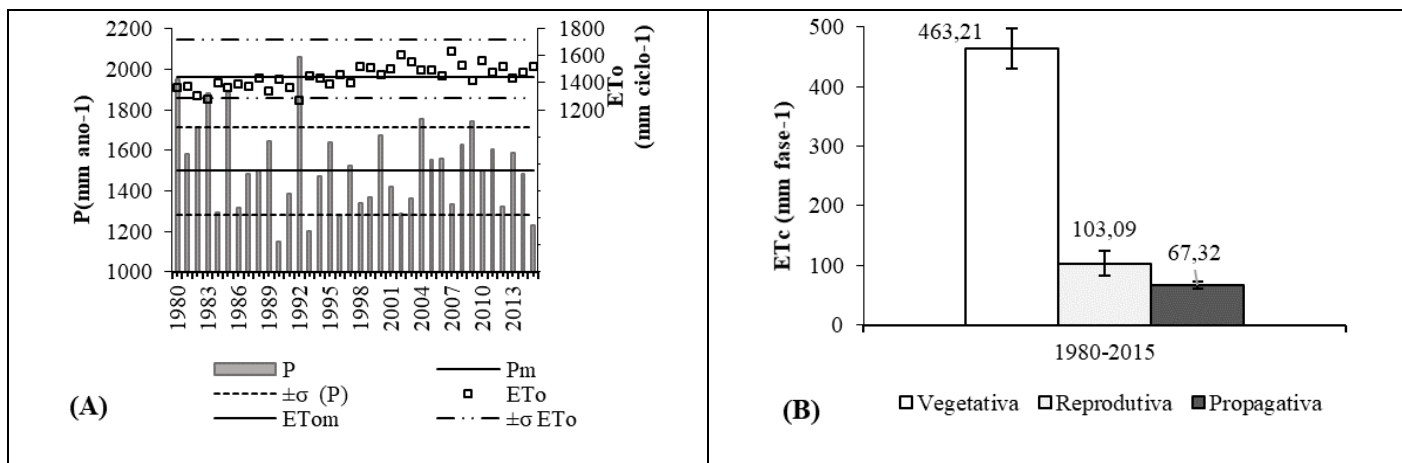


Figura 1: Precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração de referência (ETo) anuais com suas respectivas médias (P_m, ETo_m) e desvios padrão (±σ) (A). Média da evapotranspiração de cultura (ETc) nas diferentes fases fenológicas do abacaxizeiro, para o período de 1980-2015 (B). Jaraguá-GO.

Com base nos anos avaliados, a ETc apresentou maior valor na fase vegetativa (463,21 mm; $\sigma \pm 33,49$ mm), sendo seguida pelas fases reprodutiva (103,08 mm; $\sigma \pm 21,43$) e propagativa (67,32 mm; $\sigma \pm 5,71$) (Figura 1B). A demanda hídrica total da cultura foi igual a 633,62 mm ciclo⁻¹, seguida com média diária de 0,93 mm dia⁻¹. A ETc é fundamental para o manejo dentro do sistema de irrigação, pois é ela que totaliza a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração da cultura durante suas diferentes fases de seu ciclo (SOUSA et al., 2009). De acordo com Reinhardt (2015), o abacaxi apresenta necessidade hídrica entre 1,3 e 5,0 mm dia⁻¹.

Ao longo dos ciclos, a média do ISNA foi de 0,66. O valor máximo foi de 0,79 no ano de 1990 e sua mínima de 0,53 em 2007 (Figura 2A). Considerando os ciclos, observa-se um menor ISNA com média de 0,28 e desvio padrão 0,07 na fase vegetativa. Para a fase reprodutiva, houve maior ISNA de 0,98 de média e 0,03 de desvio padrão. Por fim, com a fase propagativa, a média foi de 0,45 e seu desvio de 0,02 (Figura 2B).

Embora as necessidades hídricas (ETc) tenham obtidos valores menores que as precipitações médias, foram observados ISNA < 1,0, indicando déficit hídrico. Isto pode ocorrer em função da baixa disponibilidade hídrica no solo, que por sua vez acontece em virtude da concentração de grandes intensidades de chuva em curtos períodos de tempo, sendo esta água perdida por percolação ou escoamento superficial.

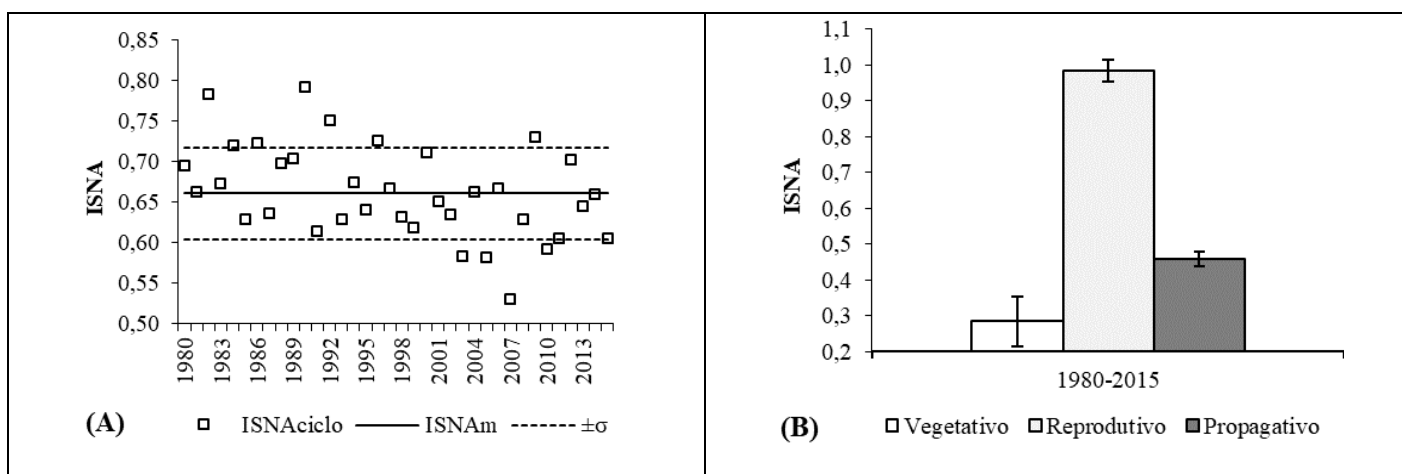


Figura 2: Índice de satisfação da necessidade de água para os ciclos (ISNA_{ciclo}) e médio (ISNA_m) e seus desvios (±σ) do abacaxizeiro (A). Média do ISNA nas diferentes fases fenológicas do abacaxizeiro (1980-2015) (B).

Considera-se então período crítico na fase vegetativa do abacaxi por apresentar menores valores de ISNA ao longo dos ciclos (Figura 3). Essa necessidade hídrica ocorre em razão da fase vegetativa iniciar com o estabelecimento da cultura, promovendo a emissão de raízes para um crescimento uniforme e que se abrange até a diferenciação floral (MONTEIRO, 2009).

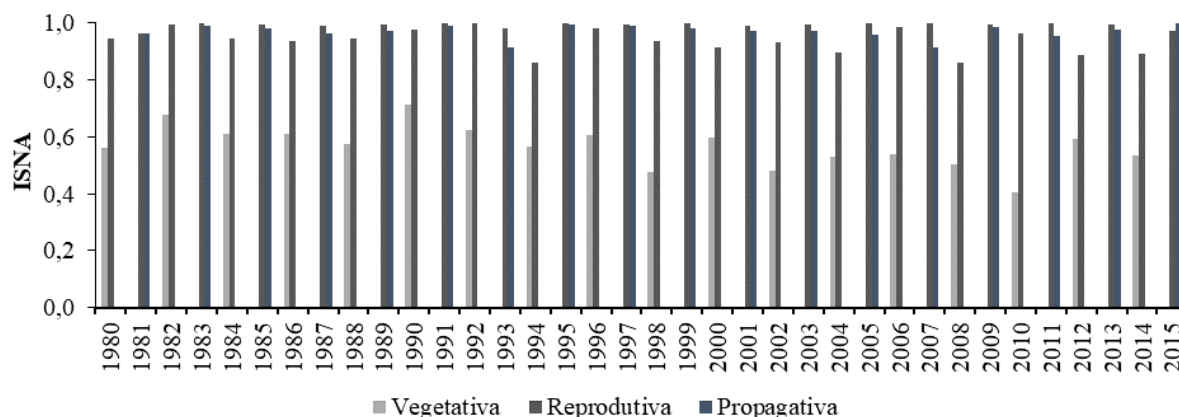


Figura 3: Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) nas diferentes fases do ciclo do abacaxi ao longo dos anos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A necessidade hídrica diária do abacaxizeiro é de 0,93 mm dia⁻¹, totalizando 633,62 mm ciclo⁻¹. O valor do ISNA no período crítico (0,28), ou seja, na fase vegetativa, se mostrou consideravelmente baixo, o que revela deficiência hídrica da cultura. Portanto, recomenda-se a reposição da água evapotranspirada via irrigação visando atender o ISNA=1,0.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. **Roma: FAO**, 2006.

ALMEIDA, Otavio A. de et al. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv. Pérola em área de tabuleiro costeiro da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p.431-435, 2002.

ALVARES, Clayton A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, January 2014.

ASSAD, Maria L. L. et al. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.588-596,2001.

CARVALHO, S.L.C. de; NEVES, C.S.V.J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C.J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.430-433, 2005.

IBGE: **SIDRA**- produção agrícola municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/portarias/safra-vigente/goias>>. Acesso em: 25 maio. 2019.

MATOS, A.P de; REINHARDT, D.H.R.C; CUNHA, G.A.P da; CABRAL, J.R.S; SOUZA, L.F da S.; SANCHES, N.F; ALMEIDA, O.A de. A cultura do abacaxi. 2 ed. rev. e ampl. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 2006.

MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. **INMET**, Brasília, 2009.

RADAM Brasil. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 1974.

REINHARDT, D.H.R.C. Manejo do solo-água-plantas em plantios de abacaxi In: **Simpósio brasileiro da cultura do abacaxi**. Belém, 2015.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SIEG Mapas. (2017). **Sistema Estadual de Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/siegmapas/mapa.php>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

SOUSA, I. F. de et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p.633-644, 2009.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. New Jersey: **Drexel Institute of Technology**, 1955. 104p. Publications in Climatology.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

ANALISE COMPARATIVA ENTRE INDICES DE VEGETAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM O BALANÇO HIDRICO EM CARAZINHO - RS

Laura Pigatto Schaparini¹; Denise Cybis Fontana¹; Genei Antonio Dalmago²; Grazieli Rodigheri¹
Autor para correspondência: laura_pigatto@yahoo.com.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre - RS - Brasil; ²Embrapa Trigo - Passo Fundo - RS - Brasil

RESUMO

A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa de ciclo anual de maior importância econômica no Rio Grande do Sul. Para essa cultura, cujo os períodos críticos ocorrem no verão, estresses provocados por deficiência hídrica são responsáveis pela instabilidade na produção de grãos do Estado, com grandes variações entre os anos. O sensoriamento remoto vem sendo amplamente utilizada na agricultura, muito frequentemente com índices de vegetação. O objetivo deste trabalho foi analisar o padrão temporal dos índices NDVI e EVI para três safras de soja, com condições hídricas distintas, de forma a possibilitar a avaliação da relação entre índices de vegetação e as condições hídricas para a cultura. A área do experimento está localizada no município de Carazinho – RS e possui uma estação meteorológica própria, instalada no interior da lavoura. Foi calculado o balanço hídrico para cada safra levando em consideração a evapotranspiração da cultura. Os índices de vegetação foram extraídos da plataforma Satveg. Posteriormente os dados foram organizados em gráficos e também, realizou-se uma correlação entre os índices de vegetação e a evapotranspiração da cultura. Concluiu-se que tanto NDVI e EVI possuem forte relação com o desenvolvimento vegetativo, comportando-se de forma semelhante ao longo do ciclo da soja. Nos mesmos períodos de deficiência hídrica ocorreram também, oscilações nos perfis dos índices de vegetação.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço Hídrico; Evapotranspiração; NDVI

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN VEGETATION INDEX AND ITS RELATIONSHIP WITH THE HYDRICAL BALANCE IN CARAZINHO - RS

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is an annual cycle of major economic importance in Rio Grande do Sul. For this crop, whose critical periods occur in the summer, stress caused by water deficiency is responsible for the instability in grain production in the State, with great variations between the years. Remote sensing has been widely used in agriculture, often with vegetation indexes. The objective of this work was to analyze the temporal pattern of the NDVI and EVI indices for three soybean crops, with different water conditions, in order to allow the evaluation of the relationship between vegetation indexes and water conditions for the crop. The experiment area is located in the municipality of Carazinho - RS and has a meteorological station of its own, installed inside the farm. The water balance was calculated for each crop taking into account the evapotranspiration of the crop. Vegetation indices were extracted from the Satveg platform. Afterwards the data were organized in graphs and also, a correlation between vegetation indexes and crop evapotranspiration was performed. It was concluded that both NDVI and EVI have a strong relationship with vegetative development, behaving similarly throughout the soybean cycle. In the same periods of water deficiency, there were also fluctuations in the vegetation index profiles.

KEY-WORDS: Hydric balance; Evapotranspiration; NDVI

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das principais bases da economia do Brasil, abrangendo desde extensas monoculturas até a diversificação da produção em pequenas propriedades. O Rio Grande do Sul (RS) contribui, de forma marcante, para a definição da oferta nacional de alimentos. Cerca de 90% da área de cultivo são voltados à produção de grãos (cereais e oleaginosas), que se configura na principal atividade agrícola do Estado (CONAB, 2018). A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa de ciclo anual de primavera-verão que ocupa a maior área cultivada, sendo, portanto, a de maior importância econômica. Ao longo das últimas décadas, a produção de soja tem apresentado grande avanço, impulsionada não somente pelo aumento de área semeada, mas também pela aplicação de técnicas de manejo avançadas, que tem permitido o incremento na produtividade (FREITAS, 2011).

As condições meteorológicas, quando adversas, são aquelas que com maior frequência determinam limitações do incremento de biomassa e, conseqüentemente, da produção agrícola. Segundo Hoogenboom (2000), dentre todas as variáveis meteorológicas, a radiação solar, a temperatura do ar e a precipitação pluvial são as que mais afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas. Para Bergamaschi et al (2003), a variação sazonal da condição hídrica no estado do Rio Grande do Sul é causada principalmente pela maior demanda evaporativa da atmosfera no verão. Neste período, é comum a ocorrência de déficit hídrico, o qual se desenvolve quando a absorção de água é menor que a transpiração.

Para soja, cujo os períodos críticos ocorrem eminentemente no período de verão, estresses provocados por deficiência hídrica são responsáveis pela instabilidade na produção de grãos do Estado, sendo muito variável de um ano para o outro (BERLATO; FONTANA, 1999). Dependendo do nível de estresse hídrico e do estágio fisiológico em que se encontram as plantas, diferentes processos podem ser afetados, causando importante variabilidade no rendimento de grãos da cultura e na qualidade do grão (ARIAS et al., 2015), o que se constitui em um dos principais problemas do setor.

A evapotranspiração (ET) é o processo pelo qual a energia é trocada entre a superfície e a atmosfera através da evaporação da umidade do solo, água disponível no sistema e dossel das plantas. É um componente crítico de vários processos físicos e biológicos. No desenvolvimento das plantas pode afetar processos de escala celular, foliar, copa e dossel (Katul et al., 2012). Dada a estreita relação entre ET e o crescimento e desenvolvimento das plantas (MONTEIRO, 2009), esta variável tem sido muito utilizada na elaboração de modelos de estimativa de produção para várias culturas de importância agrícola (MELO et al., 2004). Tais modelos, frequentemente, esbarram na necessidade de uma representação espacial mais detalhada dos rendimentos de grãos do que aquela possível de ser obtida a partir de dados oriundos de estações meteorológicas de superfície.

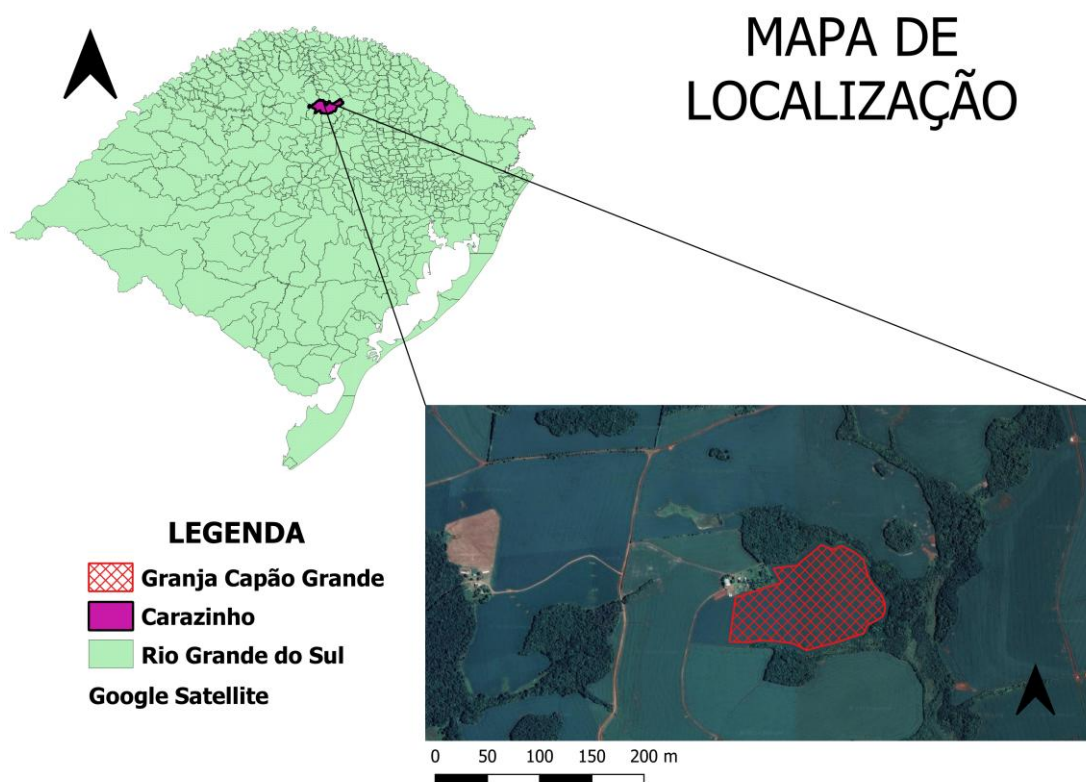
Uma das ferramentas que vem sendo amplamente utilizada na agricultura, e que pode servir de importante subsídio para a modelagem de crescimento e desenvolvimento das culturas, até mesmo rendimento de grãos das culturas de forma mais detalhada geograficamente (MELO et al., 2008), é o sensoriamento remoto (SR), o que decorre de uma ampla gama de opções na escolha do sensor. Nestes estudos é muito frequente o uso dos denominados índices de vegetação (IV), os quais são medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa. Entre as muitas possibilidades de equações disponíveis na literatura, o NDVI (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) é o mais utilizado. Outro índice com potencial de uso para acompanhamento da vegetação é o *Enhanced Vegetation Index* (EVI), o qual foi proposto posteriormente por Huete et al. (1997). Este é um NDVI modificado, que contém um fator de ajuste para solos e dois coeficientes de correção quanto ao espalhamento atmosférico de aerossóis. As fases de crescimento e desenvolvimento das culturas anuais apresentam valores de IV distintos ao longo do tempo, caracterizando os denominados perfis temporais (RISSO et al., 2009). Estes podem ser úteis em sistemas de monitoramento para identificar se eventos adversos coincidem com estágios fenológicos críticos.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Sabendo da importância econômica da soja para o RS, e do fato que um dos principais fatores de variabilidade na produtividade é a deficiência hídrica e que é possível monitorá-la usando índices de vegetação, o objetivo deste trabalho foi analisar o padrão temporal dos índices NDVI e EVI para três safras soja com condições hídricas distintas, de forma a possibilitar a avaliação da relação entre índices de vegetação e as condições hídricas para a cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área comercial de aproximadamente 34 hectares no Município de Carazinho-RS (Figura 1) sob as coordenadas 28°13'43.89" S e 52°54'15.93", nas safras 2015-2016 (15/16), 2016-2017 (16/17) e 2017-2018 (17/18). A classificação climática da região, segundo Alvares et al. (2013), é Cfa ou seja, não há ocorrência de estação seca com chuvas distribuídas ao longo do ano. Os solos que compreendem a região são Latossolos os quais, apresentam profundidade e drenagem adequado às culturas.



Mapa de localização da área experimental. Lavoura de soja localizada na Granja Capão Grande no município de Carazinho – RS

Figura 1. Mapa de localização da área experimental. Lavoura de soja localizada na Granja Capão Grande no município de Carazinho – RS.

Os dados de NDVI (Equação 1) e EVI (Equação 2) foram extraídos através da plataforma SATveg (Sistema de Análise Temporal da Vegetação) (satveg.cnptia.embrapa.br) que é uma ferramenta Web desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária, destinada ao acesso e visualização de perfis temporais dos índices vegetativos NDVI e EVI do sensor MODIS em qualquer local da América do Sul.

$$NDVI = \frac{pIV - pV}{pIV + pV}$$

Eq. (106)

(1)

Sendo, ρ_{IV} a reflectância no comprimento de onda do infravermelho próximo e ρ_V a reflectância do vermelho

$$EVI = 2,5 \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + 6\rho_V - 7,5\rho_{Azul} + 1} \quad \text{Eq. (107)}$$

(2)

Onde, ρ_{IV} a reflectância no comprimento de onda do infravermelho próximo e ρ_V a reflectância do vermelho e ρ_{Azul} a reflectancia no comprimento de onda do azul.

Os dados meteorológicos foram coletados através de estação meteorológica instalada na lavoura. Foram utilizados dados de precipitação (P), umidade relativa (UR), velocidade do vento, radiação solar global (Rg) para as três safras de soja. A partir dos dados medidos, foi calculada a evapotranspiração potencial (ETP) através do método de Penam-Montheith (1989). Para cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc), a ETP calculada foi multiplicada pelo coeficiente de cultura (Kc), cujos valores variaram de 0,56 a 1,50, expressando as variações no consumo hídrico de cada fase fenológica da cultura. Obtendo a ETc, foi realizado o cálculo do balanço hídrico meteorológico diário ao longo do ciclo da soja para cada safra. A capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) foi calculado levando em consideração a umidade volumétrica para o solo da região, assim como, o desenvolvimento da raiz ao longo do ciclo do cultivo, sendo portanto variável ao longo do ciclo.

Os valores de precipitação pluvial (mm), ETc (mm), excesso e deficiência hídrica (mm) foram somados para períodos de 16 dias, conforme os Dias Julianos, afim de facilitar a comparação dos mesmos com os valores de NDVI e EVI. Os dados do balanço hídrico e dos índices de vegetação foram organizados em gráficos para visualização e análise do padrão temporal ao longo da safra. Por fim, os dados de ETc, NDVI e EVI foram separados levando em consideração o período inicial do desenvolvimento vegetativo (início de novembro até o final do mês de dezembro) e pleno desenvolvimento (início de dezembro até o final do ciclo) para que fosse realizada uma correlação de Pearson com significância estatística de 95% e 99%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o padrão de variação do NDVI e EVI ao longo da safra da soja para os três anos avaliados. Verifica-se que a evolução temporal do NDVI e EVI mostrou algumas similaridades, o que é típico de culturas anuais (JUNGES e FONTANA, 2009; RISSO et al., 2012; PINTO et al., 2017). Em novembro, quando ocorreu a semeadura, os valores dos IVs foram baixos e, posteriormente, mostraram crescimento até atingir o seu máximo nos meses de janeiro e fevereiro. Nestes meses, a soja encontrava-se no seu desenvolvimento vegetativo máximo. Final de março, início de abril os valores dos IVs decresceram, representando o período de maturação e de colheita da soja (Couto Junior, 2012). Apesar destas similaridades, foram observadas em ambos índices importantes diferenças entre as safras avaliadas, as quais possivelmente tenham sido decorrentes das condições hídricas distintas.

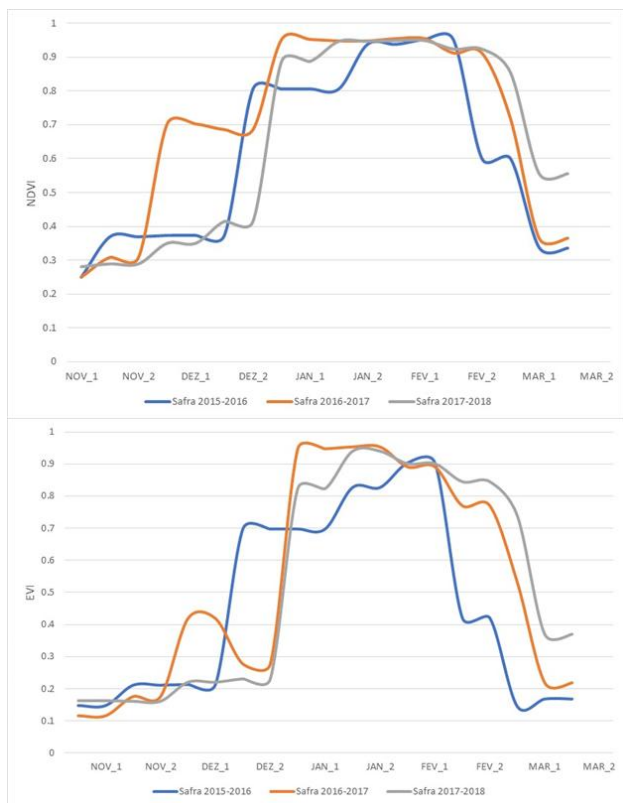


Figura 2. Perfil temporal dos índices de vegetação NDVI e EVI de três safras de soja distintas. Carazinho – RS.

Na Figura 3 estão representados graficamente os perfis temporais dos dois IVs e também o Balanço Hídrico para cada período analisado de forma a dar subsídios às análises.

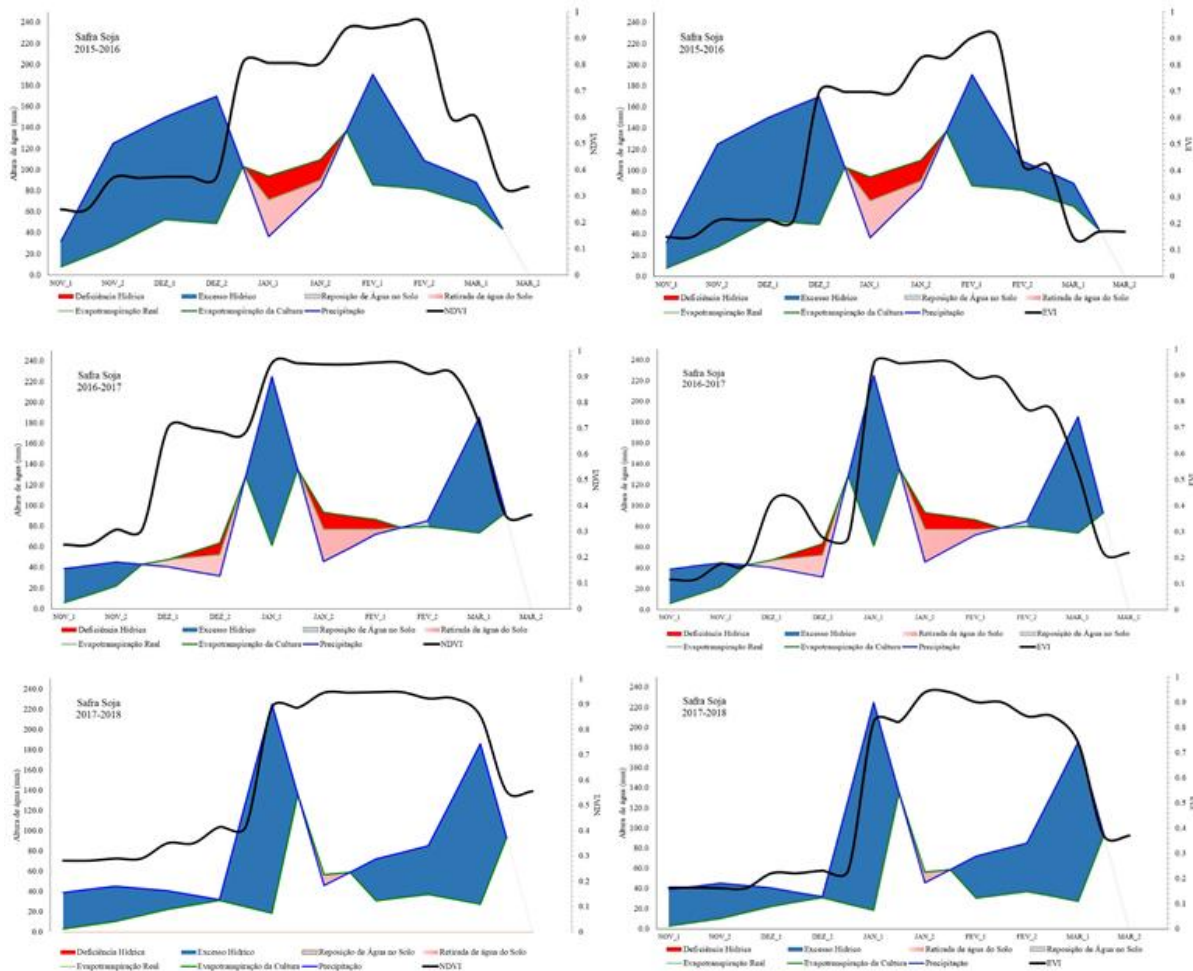


Figura 3. Balanço Hídrico e índices de vegetação para as três safras analisadas. Carazinho - RS

Para as safras 2015-2016 e 2016-2017, o balanço hídrico evidenciou a ocorrência de deficiências hídricas em alguns períodos ao longo do ciclo da soja. Na safra 2015-2016 a deficiência ocorreu durante o mês de janeiro, enquanto que na safra 2016-2017 a deficiência ocorreu no final do mês de dezembro e do mês de janeiro e início de fevereiro. Os valores de NDVI e EVI responderam a esses períodos de baixa disponibilidade hídrica com redução nos valores. Nestas duas safras o perfil temporal dos IVs não apresentou o padrão contínuo de evolução no tempo (FIORI et al., 2015) como frequentemente se observa em culturas anuais com adequada condição hídrica. Mas é importante ressaltar que, segundo Cunha (2017), períodos de deficiência hídrica no início do ciclo não acarretaram necessariamente em perda de rendimentos de grão de soja na região de Passo Fundo.

Já na safra 2017/2018, o perfil de NDVI e EVI mostraram o padrão típico de culturas anuais ao longo do ciclo da cultura. Ao compararmos os perfis dos IVs com o balanço hídrico desta safra, observa-se que evolução contínua e suave no tempo, o que pode ser explicado pelas condições hídricas do período, em que não ocorreram deficiências hídricas relevantes para as plantas. Segundo Roppa Kuss *et al.* (2008), lavouras de soja com disponibilidade hídrica adequada, seja por meio de irrigação ou precipitação pluvial ao longo de todo o ciclo, apresentam maiores rendimentos de grãos do que lavouras com disponibilidade de água irregular. Um período de seca pode estar relacionado a hidrologia do local (por exemplo, precipitação pluvial, umidade do solo), condição da planta (por exemplo, tipo, idade, estágio de crescimento e vigor, incluindo clorofila conteúdo e índice de área foliar que estão relacionados aos índices de vegetação) (JOINER et al., 2018).

Na Tabela 1 estão apresentados os valores de correlação entre ETc e os índices NDVI e EVI para as três safras analisadas. Os valores foram divididos entre a fase de desenvolvimento da soja e o pleno desenvolvimento (Reprodutivo). Na Figura 4 encontram-se os gráficos de dispersão para estes mesmos períodos.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson entre a Evapotranspiração da cultura e os Índices de Vegetação de todas as safras (2015-2016, 2-16-2017, 2017-2018). Carazinho - RS

	Evapotranspiração da Cultura		
	Desenvolvimento Vegetativo	Pleno Desenvolvimento Reprodução	Ciclo Completo
NDVI	0,86**	-0,19	0,35*
EVI	0,71*	-0,34	0,23
* p>0,05; ** p>0,001			

Na fase do desenvolvimento vegetativo (início de novembro a final de dezembro) a ETc mostrou correlações positivas e significativas com ambos índices de vegetação (Tabela 1). Uma correlação positiva explica que o aumento de um dos fatores pode ser explicado pelo aumento do outro fator, ou seja, quanto maiores os índices de vegetação maior a evapotranspiração. Como, segundo Jensen (2011), os índices de vegetação são indicadores de biomassa verde, é esperado que em condições de maior biomassa verde, seja maior a evapotranspiração daquele dossel. Apesar das correlações significativas em ambos índices, o NDVI apresentou uma correlação mais forte (99%) e menor dispersão.

Já as correlações no período seguinte, quando as plantas se encontravam no período reprodutivo, evidencia-se que especialmente o NDVI tendeu a saturação, sendo esta uma das suas principais limitações deste índice (JENSEN, 2011 e ALMEIDA, 2008). O termo saturação é usado para os casos em que aumentos ou diminuições na biomassa não resultam em consequentes variações no NDVI. Estudos vem demonstrando que para a cultura da soja a saturação do NDVI ocorre em IAF acima de 5,0 (FONTANA et al., 2018), o que é característico do período reprodutivo da cultura. As correlações realizadas nesse período do desenvolvimento da soja foram baixas e negativas, decorrentes do fato de que, enquanto a ETc continua apresentando mudanças, os IVs se mostram estabilizados em seus valores máximos, saturados.

Em decorrência da inexistência de correlação entre ETc e os IVs no período reprodutivo, quando se considera o ciclo completo, as correlações apresentam baixos valores e é significativa somente para o NDVI.

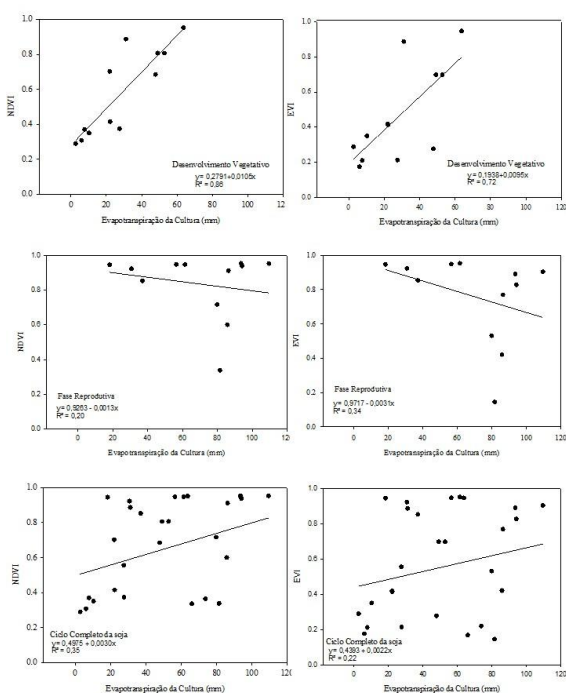


Figura 4. Gráficos de Dispersão entre os IVs e a ETC das três safras analisadas para a fase de desenvolvimento vegetativo, fase reprodutiva e todo o ciclo da cultura. Carazinho - RS

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os índices de vegetação, NDVI e EVI, podem ser utilizados como indicadores do desenvolvimento da soja ao longo da safra. Períodos de deficiência hídrica, demonstrados pelo balanço hídrico, acarretam em oscilações no perfil temporal dos IVs ao longo do ciclo da soja. Safras de soja em que correm pequenos ou nulos períodos de deficiência hídrica, tendem a apresentar perfis de NDVI e EVI mais contínuos. Deste modo, o balanço hídrico pode ser considerado uma boa ferramenta de uso em projetos de irrigação.

A evapotranspiração da cultura apresentou fortes correlações com os IVs, reforçando que o desenvolvimento vegetativo adequado depende das condições hídricas, principalmente.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O presente trabalho foi realizado com apoio da Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq) - Código de Financiamento 001 e pela Embrapa Trigo, por meio do projeto SEG. nº: 02.15.07.003.00.00. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Campão Grande pela parceria no trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, Tatiana de. Respostas espectrais da soja sob diferentes condições hídricas e de preparo de solo. Dissertação (PPGSensoriamento Remoto UFRGS), 2008.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [s.l.], v. 22, n. 6, p.711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BERLATO, Moacir Antonio; FONTANA, Denise Cybis. Variabilidade Interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p.119-125, jul. 1999.

CONAB. Bases de dados. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 10 de set. 2018

COUTO JUNIOR, Antonio Felipe; CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de; MARTINS, Eder de Souza . Séries temporais MODIS aplicadas em sucessão de culturas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 3, p. 405-418, 2012

CUNHA, Gilberto Rocca; PASINATO, Aldemir. Análise agrometeorológica da safra de soja 2016/2017 em Passo Fundo, RS. Soja: resultados de pesquisa 2016/2017, p. 9, 2017.

CUNHA, Gilberto Rocca; BERGAMASCHI, Homero. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. et al. *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap.6, p.85-97.

EMBRAPA. Exigências climáticas. In: EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja - Paraná - 2003*. Londrina: Embrapa Soja, 2002. Cap.1, p.28-30. (Sistemas de Produção; 2).

FIORI, Diana et al. Relação entre NDVI e dados de precipitação em diferentes safras de soja no município de Cruz Alta - RS. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr*, João Pessoa, v. 17, n.

1, p.6351-6357, abr. 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1379.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

FREITAS, Márcio de Campos Martins de. A CULTURA DA SOJA NO BRASIL: O CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA E O SURGIMENTO DE UMA NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 7, n. 12, p.1-12, 31 maio 2011. Disponível em: <<http://conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/a%20cultura%20da%20soja.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

FONTANA, Denise Cybis; SANTOS, Leonardo Nascimento; DALMAGRO, Genei Antonio; SCHIRMBRCK, Juliano et al. NDVI E ALGUNS FATORES DE VARIABILIDADE. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos... Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/ndvi-e-alguns-fatores-de-variabilidade>> Acesso em: 14 jun. 2019.

HOOGENBOOM, Gerrit. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its application. **Agricultural and Forest Meteorology**, 103, 137-157, 2000.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução da 2ª edição J.C.N EPIPHANIO (org.). São José dos Campos: Parênteses Editora. 2011. Cap: 11 – Sensoriamento Remoto da Vegetação, p 357.

JOINER, Joanna et al. Global relationships among traditional reflectance vegetation indices (NDVI and NDII), evapotranspiration (ET), and soil moisture variability on weekly timescales **Remote Sensing. Of Environment**, Greenbelt, p.339-352, 24 out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.020>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

JUNGES, Amanda Heemann; FONTANA, Denise Cybis. Desenvolvimento das culturas de cereais de inverno no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais do índice de vegetação por diferença normalizada. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 39, n. 5, p. 1349-1355.

KATUL, Gabriel G. et al. Evapotranspiration: A process driving mass transport and energy exchange in the soil-plant-atmosphere-climate system. *Reviews Of Geophysics*, [s.l.], v. 50, n. 3, p.1-25, 20 jul. 2012. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2011rg000366>.

MONTEIRO, José Eduardo B. A. (Org.). Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: Inmet, 2009. 530 p. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/home/publicacoes/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MELO, Ricardo Wanke de et al. Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p.1167-1175, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n12/22857.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MELO, R. W. de et al. An agrometeorological–spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal Of Remote Sensing**, [s.l.], v. 29, n. 14, p.4013-4028, 14 jun. 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160701881905>.

PINTO, Daniele Gutterres et al. Temporal dynamics of spectral reflectance and vegetation indices during canola crop cycle in southern Brazil. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 47, n. 1, e20151403, 2017 .

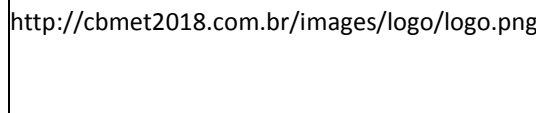
RIZZI, Rodrigo et al. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS, 2008. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 387-394.

RISSO, Joel et al. Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de áreas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p.1317-1326, set. 2012. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Adami/publication/267560026_Indices_de_vegetacao_Modis_aplicados_na_discriminacao_de_areas_de_soja/links/54626fb30cf2c0c6aec1b263.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019.

Roppa Kuss, Rejane Cristina, et al. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, vol. 38, no. 4, 2008, p. 1133+. Academic OneFile, https://link.galegroup.com/apps/doc/A193835793/AONE?u=ufrgs_br&sid=AONE&xid=c840fa72. Accessed 4 June 2019

ROUSE, J.W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. 1973 In: Earth Resources Technology Satellite Symposium, 3., 1973, Washington. Proceedings... Washington: NASA. p.309-317.

	<p style="text-align: center;">27 e 30 de novembro de 2018</p> <p style="text-align: right;">Página de</p>
--	---

USO DE UM ÍNDICE AGROMETEOROLÓGICO PARA A QUANTIFICAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM CANA-DE-AÇÚCAR

Jéssica Paixão¹; Derblai Casaroli¹; Rafael Battisti¹; Carlos Cesar Silva Jardim¹; Adão Wagner Pêgo Evangelista¹

Autor para correspondência: jsousa.paixao@hotmail.com

¹Agronomia, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás,.

RESUMO

O Estado de Goiás é o segundo maior produtor canavieiro do Brasil. Mas, ressalta-se que o déficit hídrico contribui de forma significativa para a quebra de produtividade. Assim, o planejamento agrícola visando minimizar os efeitos do déficit hídrico sobre a cultura, identificando períodos com maior déficit associados a estádios do desenvolvimento críticos para a produtividade torna-se relevante. O balanço hídrico da cultura é uma importante ferramenta de diagnóstico, no qual pode-se determinar o índice de satisfação da necessidade de água (ISNA). Objetivou-se determinar o ISNA na fase de maior crescimento da cana-de-açúcar, para as condições edafoclimáticas do município de Quirinópolis-GO. Utilizaram-se dados agrometeorológicos de uma série histórica de 34 anos. O balanço hídrico sequencial diário para a cultura foi rodado com duas datas de semeadura (16/05 e 16/11), para ciclos de 12 meses. Os maiores valores de ISNA foram detectadas para a data de plantio de 16/05, apresentando sempre valores superiores a 0,55, o que é favorável ao plantio, uma vez que apresenta menores riscos de reduzir a produtividade por deficiência hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: ISNA; Estádios de desenvolvimento; Balanço hídrico

USING AN AGRONETEOLOGICAL INDEX TO QUANTIFY THE WATER DEFICIT IN SUGAR CANE

ABSTRACT

The State of Goiás is the second largest sugar cane producer in Brazil. But, it is emphasized that the water deficit contributes significantly to the productivity decrease. Thus, agricultural planning aimed at minimizing the effects of water deficit on the crop, identifying periods with greater deficits associated with developmental stages critical to productivity becomes relevant. The water balance of the crop is an important diagnostic tool, in which the water need satisfaction index (ISNA) can be determined. The objective was to determine the ISNA in the phase of higher sugarcane growth, for the edaphoclimatic conditions of the municipality of Quirinópolis-GO. Agrometeorological data from a historical series of 34 years were used. The daily sequential water balance for the crop was run with two sowing dates (05/16 and 16/11), for 12-month cycles. The highest ISNA values were detected for the planting date of 05/16, always showing values higher than 0.55, which is favorable to planting, since it presents lower risks of reducing productivity due to water deficiency.

KEY-WORDS: ISNA; Stages of development; Water balance.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos grandes produtores de culturas bioenergéticas, como a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). A maior parte do cultivo da cana-de-açúcar é destinado à produção de açúcar e de etanol, sendo uma excelente fonte de biomassa para biocombustível de primeira geração, com maior economia de carbono do que o milho ou soja (MACEDO; DAVIDSON, 2014). O Estado de Goiás é o segundo maior produtor do país, com uma área plantada em torno de 143,0 mil hectares e produção de 73,01 mil toneladas (CONAB, 2019). Entretanto, a produtividade no Estado é afetada principalmente pelas irregularidades na distribuição das chuvas, ocasionando alterações e redução de produção final. Contudo, o conhecimento das exigências da cultura nos diferentes estádios de desenvolvimento é algo essencial no planejamento agrícola, uma vez que possibilita coincidir fases de máximo crescimento dos colmos com períodos de maior disponibilidade hídrica no solo, potencializando o sucesso da cultura. Todavia, dependendo da intensidade e duração do estresse hídrico no ambiente, podendo ser considerado o principal responsável pela redução de biomassa das lavouras de cana-de-açúcar, embora, o déficit hídrico moderado seja favorável na fase de maturação dos colmos (INMAN-BAMBER et al., 2004).

O Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA), é uma relação entre a quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica (ETR) e o consumo de água da planta sem restrição hídrica no solo (ETc), no qual indica a quantidade de água que a planta consome, em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, na ausência de restrição hídrica. Este índice tem sido muito utilizado em trabalhos de zoneamento de risco e determinação de épocas de semeadura, indicando períodos de suprimento ou não da água demandada pela cultura, auxiliando no balanço hídrico.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Determinar o ISNA para a fase de desenvolvimento crítica (maior crescimento), bem como indicar a necessidade hídrica da cana-de-açúcar para as condições edafoclimáticas do município de Quirinópolis-GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

O consumo relativo de água (ETR/ETc) para a cultura da cana-de-açúcar cultivada em condições de sequeiro foi determinado para o município de Quirinópolis-GO (18°26'52'' S; 50°27'07'' W). Foram adotadas duas datas de plantio, 16/05 e 15/11 em ciclos de 12 meses. Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa média do ar, velocidade do vento e irradiação solar global incidente média foram estimados por Xavier et al. (2015), para uma série histórica de 34 anos (1980 a 2014). O Fotoperíodo (N, horas) e a irradiação solar extraterrestre (Q_0 , MJ m⁻² dia⁻¹) foram calculados conforme Allen et al. (1998). A insolação real (n, horas) foi obtida pela metodologia proposta por Angstrom-Prescott e Hargreaves (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência (ET₀, mm dia⁻¹) foi estimada pelo método Penman-Monteith, padrão-FAO (Allen et al., 1998). A evapotranspiração potencial de cultura (ETc) foi obtida pelo produto da ET₀ e do coeficiente de cultura (Kc), descritos para cada fase do desenvolvimento da cana-de-açúcar (DOORENBOS; KASSAN, 1979; MONTEIRO; SENTELHAS, 2014). A evapotranspiração real (ETR, mm dia⁻¹) foi obtida pelo balanço hídrico sequencial de cultura (THORNTHWAITE & MATHER, 1955). A capacidade mínima de armazenamento de água disponível do solo (CAD_{min}) utilizada foi de 11,5 mm e a CAD máxima foi de 61,4 mm. O índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) foi calculado através da relação ETR/ETc para a fase de maior crescimento (Fase III) que é a mais prejudicada pelo déficit hídrico, para as duas datas de plantio nos 35 anos avaliados. Foi estabelecida o ISNA na fase fenológica de risco conforme (MAPA, 2018): (i) ISNA ≥ 0,50. Para os cálculos, a quantidade de dias de cada fase fenologia, foi de acordo com o descrito por Doorenbos e Kassan (1979). A necessidade hídrica no ciclo da cana-de-açúcar foi determinada pelo valor acumulado de ETc (mm ciclo⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios do índice ISNA juntamente com os desvios-padrões estimado para os estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar, para as duas datas de plantio avaliadas, são apresentados na tabela 1.

Observa-se que no geral o plantio realizado em 16/05 apresentou valores menores de ISNA na maior parte dos estádios de desenvolvimento em relação ao plantio realizado no dia 16/11, exceto na fase de máximo crescimento e senescência (Tabela 1). Entretanto os plantios de cana-de-açúcar acontecem no princípio do ano, já que assim permite coincidir a fase de maior demanda hídrica da cultura com a de maior disponibilidade hídrica no solo.

Tabela 1. Valores médios do índice ISNA e o desvio-padrão (σ) para os estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar, no período de 1980-2015 para as datas de plantios de 16/05 e 16/11.

Estádios de desenvolvimento	Data de Plantio			
	.....16/05.....		.....16/11.....	
	ISNA	ISNA σ	ISNA	ISNA σ
P-25%	0,29	0,20	0,80	0,11
25-50%	0,17	0,16	0,88	0,09
50-75%	0,09	0,11	0,83	0,17
75-100%	0,11	0,12	0,82	0,10
Máximo crescimento	0,71	0,06	0,29	0,07
Senescência	0,79	0,10	0,36	0,22
Maturação	0,53	0,17	0,67	0,15

Podemos observar na Figura 1 os valores do ISNA para a fase de maior crescimento da cana-de-açúcar, para as duas datas de plantio avaliadas, bem como os valores médios para o período e o desvio padrão. Os resultados mostraram uma variação de 59,15% nos valores do ISNA para as duas datas de plantio. Para a data de 16/05 os valores variaram de 0,61 a 0,83, apresentando uma média de 0,71 ($\sigma \pm 0,06$), no qual representa uma variabilidade de 8,45% da média. Por outro lado, os valores do ISNA para a data de plantio de 16/11 apresentaram uma distribuição diferente, variaram de 0,16 a 0,44, com uma média de 0,29, sendo 59% menor que a média do dia 16/05 ($\sigma \pm 0,07$) (Figura 1).

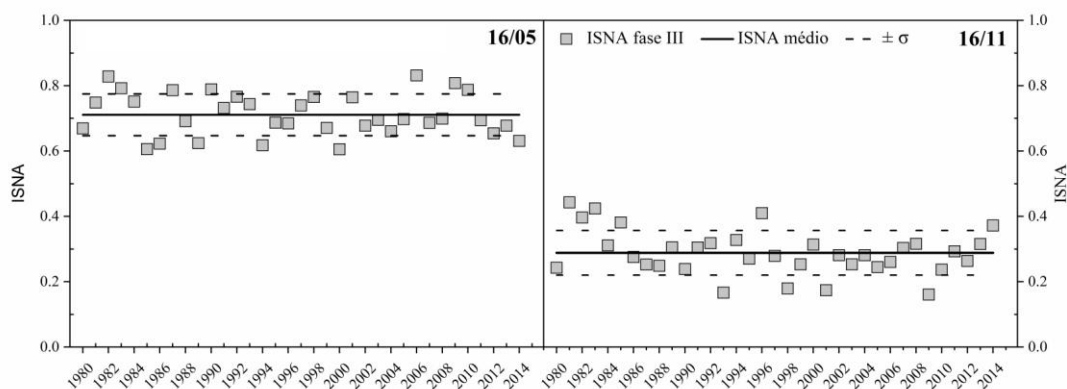


Figura 1. Valores do ISNA para fase de maior crescimento da cana-de-açúcar, no período de 1980-2015 para as datas de plantios de 16/05 e 16/11.

Para delimitação das áreas aptas ao cultivo da cana-de-açúcar em condições de baixo risco, é indicado para fase crítica um valor de $ISNA \geq 0,55$ (MAPA, 2018). Sendo assim, podemos observar que para a data de 16/05, a cultura da cana-de-açúcar apresenta menores riscos de reduzir a produtividade por deficiência

hídrica, uma vez que nos 35 anos estudados, não ocorreram valores de ISNA inferiores a 0,55. Sendo assim, a cultura o plantio realizado no mês de maior estaria exposto a um baixo risco climático.

Podemos observar na Figura 3 que 100% dos valores do ISNA para 16/05 encontram-se acima de 0,55, o que favorável para o desenvolvimento da cultura, o que não foi observado na data de 16/11, no qual 100% dos valores se encontram baixo do recomendado (<0,55), podendo acarretar um decréscimo na produtividade.

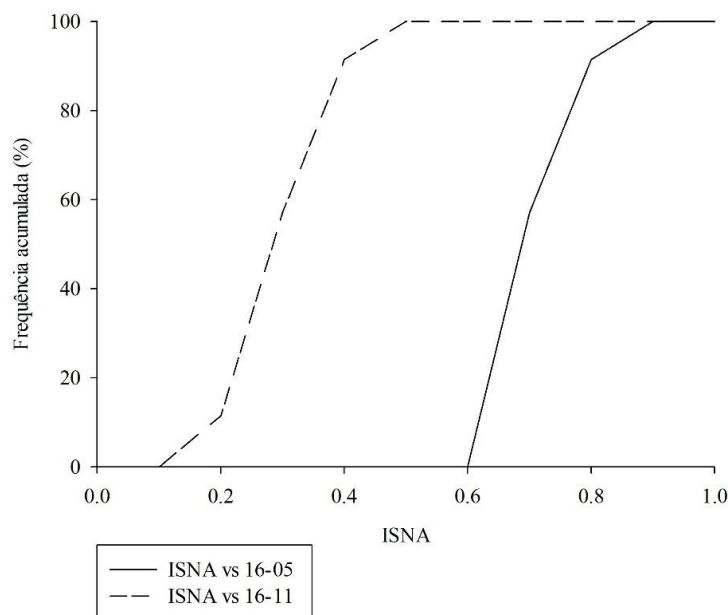


Figura 2. Frequência acumulada (%) de ocorrência de consumo relativo de água (ISNA), para o estágio de máximo crescimento da cana-de-açúcar, para município de Quirinópolis-GO.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) aplicado à região de Quirinópolis-GO comprova que a data de 16/05 é mais favorável ao plantio da cana-de-açúcar, uma vez apresentou valores de ISNA superiores a 0,55 na fase de maior demanda hídrica da cultura, diminuindo a chances de ocorrer redução na produção final.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG) e, a CAPES pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2019) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar – V. 5 - SAFRA 2018/19 N.1 - Primeiro levantamento**, Brasília: Conab, 2018. p.1-62. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>. Acesso em 12 abril. 2019.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and drainage paper**, v. 33, p. 257, 1979.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field crops research**, v. 89, n. 1, p. 107-122, 2004.

MACEDO, Marcia N.; DAVIDSON, Eric A. Climate and land use: Forgive us our carbon debts. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 7, p. 538, 2014.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/safra-vigente/goias>>. Acesso em: 21 Abril 2019.

MONTEIRO, Leonardo A.; SENTELHAS, Paulo C. Potential and actual sugarcane yields in southern Brazil as a function of climate conditions and crop management. *Sugar Tech*, v. 16, n. 3, p. 264-276, 2014.
THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. Publications in Climatology.

XAVIER, Alexandre C.; KING, Carey W.; SCANLON, Bridget R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

EFICIÊNCIA DO FILME DE PARTÍCULA NO CULTIVO DA BATATA-DOCE SOB ESTRESSE HÍDRICO APARTIR DOS 60 DIAS.

Karoline Louise Lima Dias¹; Alexandre Passos Oliveira²; Laila Beatriz Santos Maciel³; Nadja Tamires Borges Barbosa⁴; Tassio de Jesus Vasconcelos⁵
Autor para correspondência: k.vieira@outlook.com

¹Discente, UFS, São Cristóvão, SE, k.vieira@outlook.com; ²Discente, UFS, São Cristóvão, SE, tande1992@gmail.com; ³Discente, UFS, São Cristóvão, SE, laila.bsm1@gmail.com; ⁴Discente, UFS, São Cristóvão, SE, nadjatamires@hotmail.com; ⁵Discente, UFS, São Cristóvão, SE, tassio_vasconcelos@hotmail.com

RESUMO

A batata-doce, considerada uma cultura rústica, é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil e tradicionalmente cultivada na região Nordeste. Devido a crescente preocupação em táticas de manejo que propiciem a economia e uso racional da água, sem redução da produtividade, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes regimes hídricos (33, 66 e 99% da ETc) com dois sistemas de cultivo (Convencional sem filme, e com aplicação de filme CaO a 10% p/v). O experimento foi conduzido em campo, em esquema de blocos casualizados com quatro repetições e as plantas avaliadas a partir dos 60 dias. Foram avaliadas características relacionadas ao potencial hídrico, teor de clorofila, temperatura foliar e produtividade total de raízes frescas. Os resultados evidenciaram que os filmes de partícula a base de cálcio possuem efeito protetor e antitranspirante, o que corrobora para diminuição da temperatura foliar e consequentemente maior produtividade fazendo com que a planta trabalhe com menos estresse.

PALAVRAS-CHAVE: Restrição hídrica.; Ecofisiologia.; Óxido de cálcio.

EFFICIENCY OF PARTICLE FILM IN THE CULTIVATION OF SWEET POTATO UNDER WATER STRESS FROM 60 DAYS.

ABSTRACT

The sweet potato, considered a rustic culture, is one of the most cultivated vegetables in Brazil and traditionally cultivated in the Northeast region. Due to the growing concern in management tactics that provide the economy and rational use of water, without reducing productivity, the objective was to evaluate the effect of different water regimes (33, 66 and 99% of ETc) with two cropping systems (conventional without film, And with 10% w/V CaO film application). The experiment was carried out in the field, in a randomized block scheme with four replications and the plants were evaluated from 60 days. Characteristics related to water potential, chlorophyll content, leaf temperature and total yield of fresh roots were evaluated. The results showed that the calcium-based particle films have a protective and antiperspirant effect, which corroborates the reduction of leaf temperature and consequently greater productivity, causing the plant to work with less stress.

KEY-WORDS: Water restriction.; Ecophysiology.; Calcium oxide.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma espécie pertencente à família Convolvulaceae (Souza & Lorenzi, 2008) originária na América do Sul, e uma das plantas de raízes tuberosas mais cultivadas, nas

regiões tropicais e subtropicais (PEIXOTO et al., 1999). É considerada uma cultura rústica, com resistência a pragas, amplas adaptações às condições climáticas do Brasil, boa resposta à adubação, desenvolvendo-se em solos de baixa fertilidade ou até mesmo degradados. Além de, apresentar tolerância ao déficit hídrico e custo de produção relativamente baixo. (PEREIRA JUNIOR et al., 2008).

A batata-doce é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil e no ano de 2017 foram produzidas 776,285 mil toneladas, em 54,123 ha, proporcionando uma produtividade em torno de $14,34 \text{ t ha}^{-1}$. A região nordeste por sua vez em uma área de 23,136 ha, produziu 241,621 toneladas de raízes, totalizando uma produtividade $10,44 \text{ t ha}^{-1}$, o estado de Sergipe possui uma produção correspondente a 16,9% de toda a região, com uma produtividade de $11,8 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2017).

Em razão da menor disponibilidade de água para a agricultura e aos altos custos de energia, a gestão da água vem sendo um grande desafio do século XXI. O déficit hídrico resulta em reduções no potencial hídrico foliar (Ψ_w), em razão da perda de turgescência, transpiração, até mesmo redução na taxa fotossintética e condutância estomática (PIMENTEL, 2004; TAIZ et al., 2017), afetando também outros componentes do processo fotossintético.

A adoção de estratégias de manejos adequados que propiciem a economia de água, sem, no entanto, pôr em risco o rendimento das culturas são de extrema importância. Uma técnica promissora é o uso de filmes de partícula na agricultura, devido ao seu efeito antitranspirante e reflectivo o que reduz o estresse luminoso e térmico. No mercado internacional encontra-se o kaolin (Surround@WP Engelhard, Iselin, NJ, USA) que forma uma película refletora de parte da radiação reduzindo a transpiração da cultura e temperatura da folha, diminuindo assim o dano causado por temperaturas elevadas e lesões solares (GLENN, 2012).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito dos diferentes regimes hídricos associados a utilização de filme de partículas de CaO sobre parâmetros ecofisiológicos e de produtividade das raízes da batata-doce.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental “Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe”, localizada no município de São Cristóvão/SE (latitude $10^{\circ} 55' 27''$ S, longitude $37^{\circ} 12' 01''$ W e altitude de 46 m).

As áreas experimentais foram divididas em 3 linhas de plantio, irrigadas com diferentes níveis de restrição hídrica (33, 66 e 99% ETc) e com a aplicação de formulados (CaO 10%) de filmes a partir dos 60 dias até a colheita, em um intervalo de aplicação de a cada 10 dias.

A irrigação utilizada foi de gotejadores por planta, espaçados a 0,30 m, entre as linhas e a quantidade de água aplicada via irrigação teve como base os valores de ETo informados pela estação meteorológica. A adubação realizada foi de acordo com o sistema de produção comercial de batata-doce. Durante todo o período de avaliação foram monitoradas as condições ambientais por meio da coleta de informações da estação meteorológica instalada na área experimental.

O delineamento experimental foi de blocos casualizado com 4 repetições. As unidades experimentais são constituídas de camalhões de 18 m de comprimento x 0,6 m de largura cada, com 6 plantas por parcela, utilizando o espaçamento de 0,3 m entre plantas e de 1,0 m entre camalhões. Empregou-se bordaduras nas laterais do experimento com variedades comerciais de batata-doce. Foram utilizadas ramas sadias, com 5 a 6 entrenós, dos quais 3 enterrados no topo da leira.

O experimento foi implementado, utilizando-se um único material vegetal, a variedade de batata-doce Ourinho, legitimamente sergipana, que ocupa um patamar de destaque sendo considerada com qualidade

superior em comparação a outros tipos cultivados. A mesma apesar de apresentar uma colheita mais tardia, cinco meses, apresenta uma boa rentabilidade e produtividade.

Para a avaliação das relações hídricas, o Ψ_w foi medido utilizando-se uma bomba de pressão (Scholander et al., 1965), no horários entre 11:00 e 12:00h, onde sob boa condição fitossanitária, coletava-se uma folha madura de cada unidade experimental, completamente expandida e localizada na quarta ou quinta posição a partir do ápice caulinar.

O teor de clorofila foi estimado por meio do medidor portátil de clorofila modelo Clorofilog, (Clorofilog, Brasil), sendo mensurado o teor de clorofila a, clorofila b, clorofila total e a relação de clorofila a/b.

Para análise de temperatura foliar (T_f), foram realizadas monitoramento ao longo do dia da colheita, em dois horários (9 e 12h), utilizando-se quatro repetições. As medidas de T_f foram realizadas por meio de um termômetro digital infravermelho, em folhas que se encontravam expostas à radiação solar direta, ao longo do dia.

A produtividade total (PT) foi calculada pela pesagem de todas as raízes de cada parcela em balança digital e o peso total foi extrapolado para tonelada por hectare (t ha⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os índices de clorofila verificaram-se diferenças estatísticas significativas ($p \leq 0,05$) na interação entre os tratamentos para as variáveis de clorofila a (CLha) e clorofila b (CLhb), demonstrando que o filme promove melhores índices de pigmentos foliares. Entretanto, nos índices de clorofila total (CLhtotal) no tratamento com 66% ETc não se observou diferença significativa, diferentemente das demais restrições hídricas. O mesmo repete-se para a relação de clorofila a e b (CLh a/b) onde somente a restrição de 66% ETc não apresenta diferença estatisticamente. (Tabela).

Tabela: Índices de clorofila a, clorofila b, clorofila total e a relação de clorofila a e b em *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas e aplicação de filme de partícula (CaO a 10%).

Restrição hídrica	CaO	CLha	CLhb	CLh total	Relação CLh a/b
99%	Sem filme	26,8 Ab	11,0 Ab	37,9 Aa	2,44 Aa
99%	Com filme	30,2 Aa	14,7 Aa	45,0 Ab	2,08 Ab
66%	Sem filme	29,5 Ab	13,6 Aab	43,2 Aa	2,19 Aab
66%	Com filme	31,4 Aa	15,6 Aa	47,0 Aa	2,05 Ab
33%	Sem filme	26,8 Ab	11,0 Ab	37,9 Ab	2,44 Aa
33%	Com filme	31,4 Aa	15,8 Aa	47,2 Aa	2,00 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si para o filme de partícula, e maiúscula para a restrição hídrica, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores de temperatura da copa apresentaram uma redução quando submetidas a aplicação de filme de CaO a 10% (p/v) no nível 66% da ETc, no horário de 09:00h (Figura 1). Contudo, os demais tratamentos, bem como no horário de 12:00h, não diferem estatisticamente em relação a temperatura da copa.

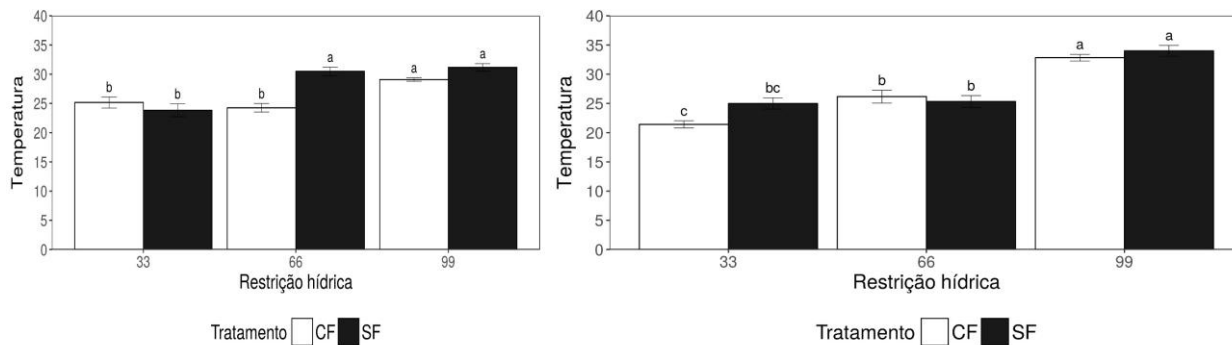


Figura 1. Temperatura da copa (°C) no horário de 09:00 (A) e 12:00 (B) horas em *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas (99%, 66% e 33% da ETC) e aplicação de filme de partícula [(Sem filme (SF) e com filme (CF - CaO a 10%)].

Não houve diferenças significativas nos valores referentes ao potencial hídrico da folha (MPa) na interação entre os tratamentos. Permitindo inferir que uma vez submetidas ao estresse hídrico, naturalmente a planta tende a diminuir de maneira rápida o seu potencial hídrico foliar (Figura 2).

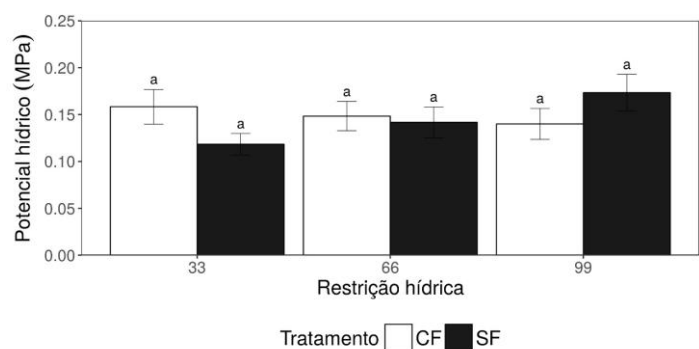


Figura 2. Valores de potencial hídrico da folha (MPa) realizado no horário das 12:00 horas em *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas (99%, 66% e 33% da ETC) e aplicação de filme de partícula [(Sem filme (SF) e Com filme (CF - CaO a 10%)]. Valores em módulo.

Para a produtividade de *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas (99%, 66% e 33% da ETC) e aplicação de filme de partícula [(Sem filme (SF) e Com filme (CF - CaO a 10%)] foi possível verificar que a aplicação de filme de partículas com 99% de ETC, mostrou-se superior em termos de produtividade média de raízes, com significância a ($p \leq 0,05$) quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 3).

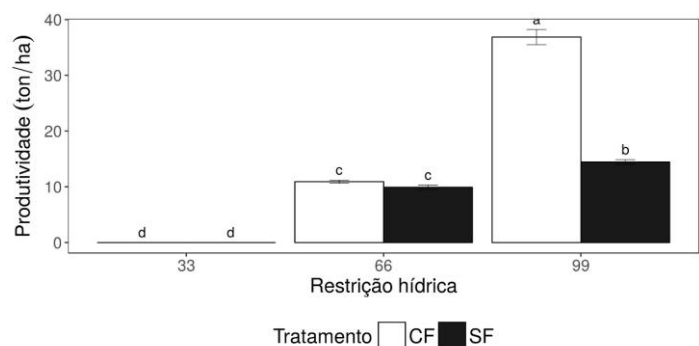


Figura 3. Produtividade de *Ipomoea batatas* submetida a diferentes restrições hídricas (99%, 66% e 33% da ETC) e aplicação de filme de partícula [(Sem filme (SF) e Com filme (CF - CaO a 10%)].

O déficit hídrico, corresponde a um dos estresses que resultam na perda de pigmentos foliares (clorofila), diante disso, valores menores desses índices refletem uma redução da capacidade fotossintética, importante ferramenta para a determinação da fluorescência da clorofila. Em função do filme de partículas proporcionar

proteção térmica e luminosa a planta, mesmo quando submetidas a restrição hídrica, fez com a planta trabalhasse com menos estresse e apresentasse os melhores resultados, isso é corroborado pela diminuição da temperatura foliar e aumento da produtividade. Outro detalhe é que em relação ao rendimento de raízes, os valores médios de produtividade, mostram-se acima da média nacional, e da média do estado de Sergipe nas plantas com filme a 10% (p/v) e 99% ETc.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O uso de filme de partículas a base de cálcio mostra-se eficiente no que se diz respeito ao desenvolvimento ecofisiológico da cultura, bem como índices de produtividade, além de uma maior eficiência do uso da água em condições de estresse hídrico devido seu efeito reflectivo e antitranspirante.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

GLENN,D.M. The mechanisms of plants tress mitigation by kaolin-based particle ?lms and applications in horticultural and agricultural crops. **HortScience** 47(6),710–711, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. SIDRA. Produção Agrícola Municipal. Tabela 1612 - **Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias (notas)**. Rio de Janeiro: IBGE. 2017. <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. 19 maio. 2019.

PEIXOTO JR; SANTOS LC; RODRIGUES FA; JULIATTI FC; LYRA JRM. 1999. Seleção de clones de batata-doce resistentes a insetos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 34: 385-389.

PEREIRA JÚNIOR LR; OLIVEIRA AP; GAMA JSN; CAMPOS VB; PRAZERES SS. 2008. Parcelamento do esterco bovino na produção de batata-doce. **Revista Verde** 3: 12-16.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 2004. 192p.

SOUZA VC; LORENZI H. 2008. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da Flora Brasileira**, baseado em APG II. 2ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 640p.

TAIZ, L.et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO EM CULTIVO DE AÇAIZEIRO EM CASTANHAL, PARÁ

Carmen Grasiela Dias Martins¹; Matheus Yan Freitas Silva¹; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes¹; Whesley Thiago Dos Santos Lobato¹; Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza³
Autor para correspondência: grasi.dias95@gmail.com

¹UFRA; ²ISARH/UFRA; ³ICA/UFRA

RESUMO

A água no solo é essencial para as atividades fisiológicas das plantas, além de influenciar nos processos edáficos. A umidade do solo sofre variação ao longo do tempo e da profundidade. O objetivo foi determinar o armazenamento de água no solo em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, estado do Pará. O experimento foi conduzido em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal-PA, utilizando oito baterias de cinco tensiômetros em diferentes profundidades (0,1, 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 m) durante o período de 23 a 30 de maio de 2019. As tensões foram convertidas em umidade pelo modelo ajustado de Van Genuchten e o armazenamento de água no solo foi calculado pela regra de Simpson. Os resultados foram submetidos a análise estatística descritiva. O armazenamento de água no solo é em média 868 ($\pm 2,12$) mm, as variações do teor de umidade ocorrem nas camadas superficiais (0,1 e 0,2 m) e na profundidade de 0,5 m.

PALAVRAS-CHAVE: Euterpe oleracea; Umidade do solo; tensiometria

WATER STORAGE IN SOIL IN AÇAIZEIRO CULTIVATION IN CASTANHAL, PARÁ

ABSTRACT

Water in the soil is essential for the physiological activities of plants, as well as influencing soil processes. Soil moisture undergoes variation over time and depth. The experiment was carried out in a commercial plantation of açaizeiro in Castanhal-PA, using eight batteries of five tensiometers in different depths (0, 1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 m) during the period from May 23 to 30, 2019. The tensions were converted to moisture by the adjusted model of Van Genuchten and storage of water in the soil was calculated by Simpson's rule. The results were submitted to descriptive statistical analysis. Soil water storage is on average 868 (± 2.12) mm, variations in moisture content occur in the superficial layers (0.1 and 0.2 m) and in the depth of 0.5 m.

KEY-WORDS: Euterpe oleracea; Soil moisture; Tensiometry

INTRODUÇÃO

A água no solo é essencial para as atividades fisiológicas das plantas, além de influenciar nos processos edáficos. Dentro do perfil do solo, a umidade do solo sofre variação ao longo da profundidade, as camadas superficiais sofrem muita influência da infiltração da chuva e evapotranspiração, enquanto que nas camadas profundas do solo funciona como um reservatório do solo (WARING & RUNNING, 2010; FANG et al. 2016).

A profundidade do armazenamento varia conforme o tipo e o desenvolvimento da cultura avaliado. Algumas culturas como hortaliças que possuem sistema radicular fasciculado e raiz efetiva pequena quando comparada com culturas perenes de sistema radicular pivotante, interferindo diretamente no armazenamento. Além disso, conhecer a demanda hídrica de uma cultura é primordial para o cultivo, pois o solo pode fornecer a água para as plantas mesmo que não ocorra precipitação ou tenha irrigação (ROSSETTI & CENTURION, 2013; PRIMO et al, 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Determinar o armazenamento de água no solo em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, estado do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal – Pará, nas coordenadas 1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W. O município é caracterizado com temperatura média anual de 26,5° e precipitação média anual de 2432 mm, estando inserido na classificação climática do tipo Am, segundo Köppen-Geiser (ALVARES et al., 2014). O solo da área é classificado como Latossolo amarelo distrófico de textura franco-arenosa (SANTOS et al, 2018), com características físicas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Análise granulométrica e física do solo plantio comercial de açaizeiro, Castanhal-PA.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Ds ¹	θ CC ²	θ PMP ³
	-----%-----			-- g cm ⁻³ --	--- cm ³ cm ⁻³ ---	
00-20	86,546	9,37	4,081	1,545	0,238	0,066
20-40	74,010	11,126	14,864	1,625	0,318	0,076
40-60	-	-	-	-	0,409	0,207

¹Densidade do solo; ²Teor de umidade na capacidade de campo, ³Teor de umidade no ponto de murcha permanente.

Para o monitoramento de umidade do perfil do solo, foram instaladas oito baterias de tensiometria, sendo cada bateria composta por cinco tensiômetros em diferentes profundidades (10, 20 30, 40 e 50 cm), totalizando 40 unidades de tensiometria. Os tensiômetros foram espaçados entre si por 0,1 m e 0,2 m da touceira do açaizeiro. As leituras foram realizadas no período de 7 as 8 h da manhã utilizando um tensímetro digital e uma régua, durante o mês de abril de 2019. O potencial matricial foi calculado pela equação 1.

$$\psi_m = (Z + h_1 - L) 0,0981 \quad (1)$$

Sendo: Z = distância entre a cápsula porosa e a superfície do solo, cm; h₁ = altura de água acima da superfície no tensiômetro, cm; L = leitura no tensímetro (cca).

As curvas de retenção para a profundidade de 0-20, 20-40 e 40-60 cm foram obtidas pela umidade do solo entre as tensões de 0 a 1500 kPa, as quais foram ajustadas por meio do modelo de Van Genuchten (1980), conforme equação 2.

$$\theta = \theta_r + \{ \theta_s - \theta_r / [1 + (\alpha |\psi_m|)^n]^m \} \quad (2)$$

Com $m = 1 - 1/n$ (MUALEM, 1976), sendo θ a umidade volumétrica (m³ m⁻³); θ_r e θ_s são, respectivamente, as umidades residual e de saturação (m³ m⁻³); ψ_m o potencial mátrico (kPa); α e n são parâmetros do modelo.

Os parâmetros θ_r , n e α foram obtidos por meio da ferramenta Solver da planilha eletrônica Excel, ao passo que o parâmetro θ_s foi determinado por meio da pesagem direta da amostra do solo saturado.

O armazenamento de água no solo foi estimado pela regra de Simpson, utilizando a equação 3 (LIBARDI, 2012).

$$A = \sum Z/3 [\theta(Z_i) + 4\theta(Z_{i+1}) + \theta(Z_{i+2})] \quad (3)$$

Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o mês de avaliação, a temperatura média foi de $25,4 (\pm 0,64) ^\circ\text{C}$, alcançando a máxima e mínima de $26,6 ^\circ\text{C}$ e $24,06 ^\circ\text{C}$. A precipitação total do mês foi 320 mm, sendo mais intensas e frequentes no período da tarde, ocorrendo a máxima no dia 22 de abril com altura de 54 mm (Figura 1).

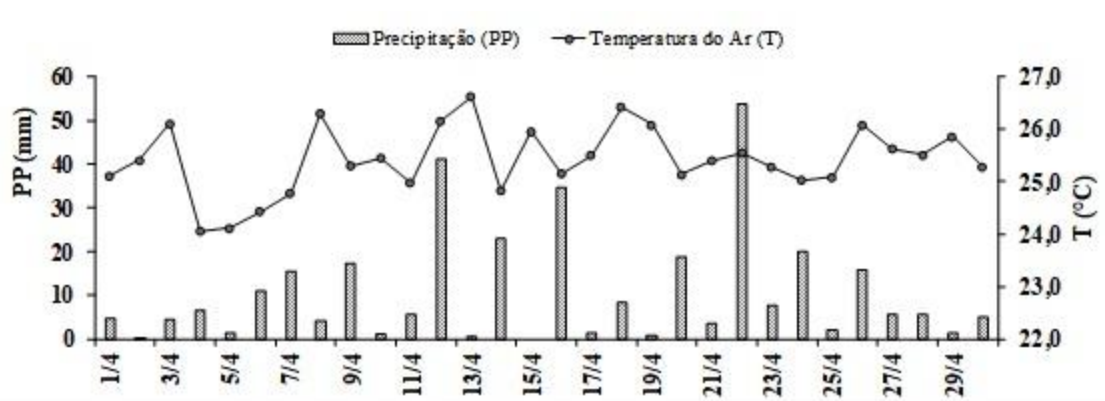


Figura 1. Precipitação (PP) e temperatura do ar (T) durante o mês de abril em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, Pará.

O armazenamento de água no solo variou de 865 a 872 mm durante o período de avaliação, com valor médio de $868 (\pm 2,12)$ mm (Figura 2). Apresentou variação positiva durante três dos oito dias avaliados, isto é, houve incremento de água no perfil. O incremento pode ser relacionado com os eventos de precipitação mais intenso do dia anterior ou com os eventos de chuvas próximos da hora das coletas, o que deixa o solo saturado ou na capacidade de campo. Enquanto que nos dias em que há variação negativa, isto é, há um decréscimo no conteúdo de água do perfil, coincide com os dias de precipitação reduzida e/ou temperaturas mais altas que a média do período.

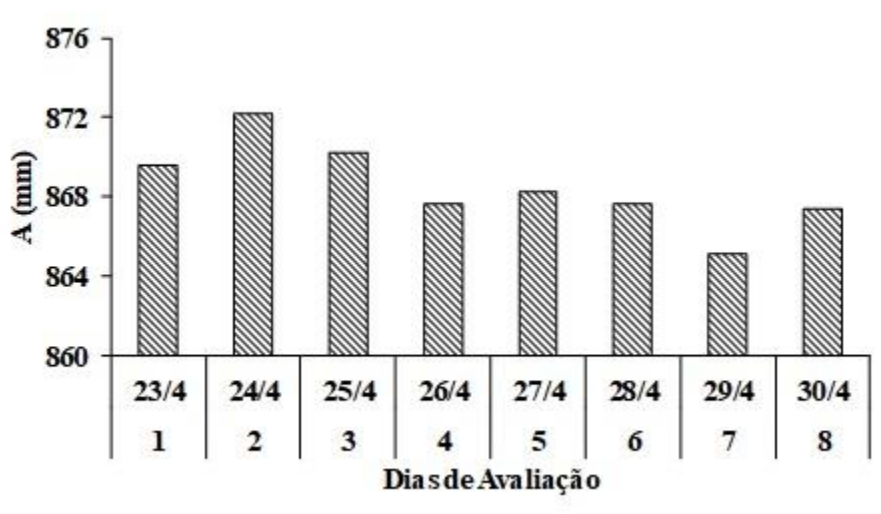


Figura 2. Armazenamento de água no solo (A) até a profundidade de 0,5m, durante o período de 23 a 30 de abril de 2019 em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, Pará.

As alterações que ocorreram no armazenamento de água do solo se devem principalmente as variações nas camadas superficiais (0,1 e 0,2 m) e na última camada (0,5 m) (Figura 3). As camadas superficiais são mais arenosas e com baixa retenção de água, estando mais suscetíveis as variações do microclima abaixo do dossel de açazeiro. Nas profundidades de 0,3 a 0,4, houve pouca oscilação o que pode estar associado ao maior teor de argila, o que provoca mais resistência a variação. Enquanto que na última camada, é uma região próxima da raiz efetiva da planta, a variação pode ser atribuída a demanda hídrica do açazeiro e a drenagem profunda do excesso de água, mas ainda é preciso mais estudos na área para melhor evidenciar.

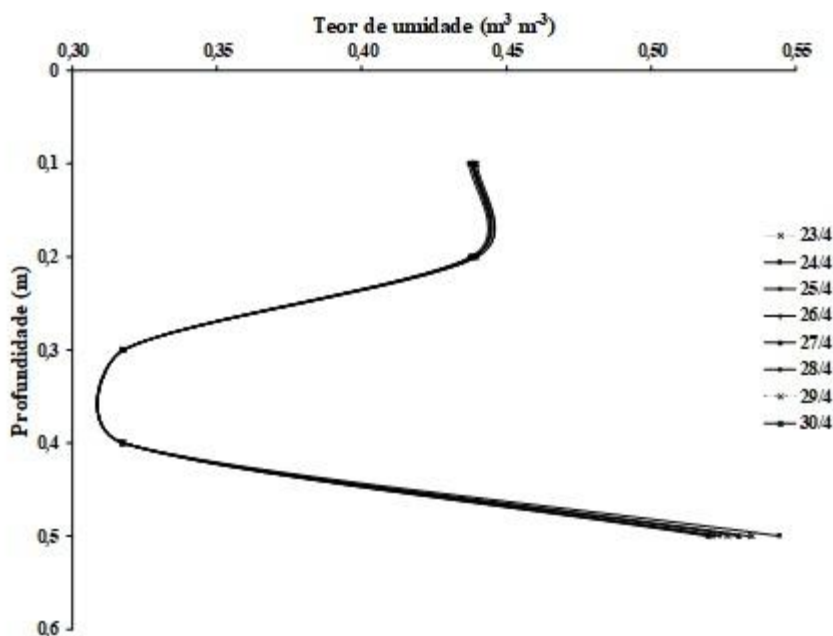


Figura 3. Teor de umidade no perfil do solo até a profundidade de 0,5 m durante o período de 23 a 30 de abril de 2019 em um plantio comercial de açazeiro em Castanhal, Pará.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O armazenamento de água no solo é em média 868 ($\pm 2,12$) mm, com variação positiva em dias de maior precipitação, e com negativa em dias de menor precipitação e/ou temperaturas acima da média. A variação no armazenamento de água no solo é devido as variações que ocorrem nas camadas superficiais (0,1 e 0,2 m) e na profundidade de 0,5 m.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

FANG, X.; ZHAO, W.; WANG, L.; FENG, Q.; DING, J.; LIU, Y.; ZHANG, X. Variations of deep soil moisture under different vegetation types and influencing factors in a watershed of the Loess Plateau, China. *Hidrology and Earth System Sciences*, v. 20, p. 3309-3323, 2016.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 346 p.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

PRIMO, J. T. D. A.; SILVA, T. G. F.; SIQUEIRA, S. M.; MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B. Calibração de sondas capacitivas, funções físico-hídricas e variação do armazenamento de água em um Argissolo cultivado com palma forrageira. **Ceres**, v. 62, n. 1, 2015.

ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J. F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 472-479, 2013.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema de classificação de solos**. 5. ed. rev ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

WARING, R. H.; RUNNING, S. W. **Forest ecosystems: analysis at multiple scales**. Elsevier, 2010.

FLORAÇÃO EM PLANTAS DE AÇAIZEIRO CULTIVADAS EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA

Igor Cristian de Oliveira Vieira¹; Stefany Porcina Peniche Lisboa²; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes³; Maria de Lourdes Alcântara Velame⁴; Matheus Lima Rua⁵
Autor para correspondência: cristianigor67@gmail.com

¹UFRA; ²UFRA; ³UFRA; ⁴UFRA; ⁵UFRA

RESUMO

O açaizeiro *Euterpe oleracea* Mart é originária da Amazônia, vem sendo requisitada a fins de pesquisas e investimentos devido ao seu alto potencial econômico. O estudo do microclima é indispensável para que haja um melhor manejo da palmeira. O objetivo do trabalho foi avaliar a ocorrência de floração em açaizeiro com dois sistemas produtivos, o monocultivo e consórcio, nas condições climáticas de Castanhal-Pa. A cultivar escolhida foi a BRS-PA em uma área de 0,60 há localizada próximo a Fazenda Escola de Castanhal- Pa. O delineamento foi inteiramente casualizado com 2 tratamentos (TM e TC) para 24 plantas cada. De maneira específica os picos de floração se mostraram maiores nos meses de março, maio e setembro, sendo os dois primeiros devido às condições climáticas viáveis como a precipitação e o último pela presença de tecnologia da irrigação, em maior escala na maior parte do ano sob o sistema do consórcio.

PALAVRAS-CHAVE: *Euterpe oleracea*; Fenologia; Microclima

FLOWERING IN AÇAIZEIRO PLANTS CULTIVATED IN MONOCULTURE AND CONSORTIUM IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF CASTANHAL-PA

ABSTRACT

Euterpe oleracea Mart is native to the Amazon region and has been requested for research and investments due to its high economic potential. The study of the microclimate is indispensable for better management of the palm tree. The objective of this work was to evaluate the occurrence of flowering in açaizeiro with two productive systems, the monoculture and consortium, in the climatic conditions of Castanhal-Pa. The cultivar chosen was BRS-PA in an area of 0.60 ha located near the Fazenda Escola de Castanhal-Pa. The design was completely randomized with 2 treatments (TM and TC) for 24 plants each. Specifically, flowering peaks were higher in the months of March, May and September, with the first two due to viable climatic conditions such as precipitation and the last by the presence of irrigation technology, on a larger scale during most of the year under the consortium system.

KEY-WORDS: *Euterpe oleracea*; Phenology; Microclimate

INTRODUÇÃO

Euterpe oleracea Mart (palmeira de açaizeiro), Originária da Amazônia, é comumente vistas em terrenos de várzea, igapós e terra firme, cujos frutos vêm provocando interesse em investimentos e pesquisas devido ao seu elevado valores nutricionais. Além de ser altamente utilizado para a alimentação e para extração da

polpa. O açaizeiro é uma espécie tropical, que se desenvolve bem em condições de clima quente e úmido e não suporta secas prolongadas. (Nogueira, O. et al. 1995).

A palmeira manifesta um caule tipo estipe, na sua fase adulta um multicaule, cilíndrico anelado, ereto, fibroso sem ramificações. Sua altura chega em torno de 30 metros, apresenta na folha uma espécie de bainha que envolve o estipe, suas raízes são fasciculadas , densas e superficiais. (Oliveira, M. et al. 2007) Caracterizado por ser perene, a floração começa a partir de 2,5 anos após o plantio, seu cacho pode ser colhido entre 3 a 3,5 anos e suas taxas de maior índice desses aspectos concentram-se na época mais chuvosa e menos chuvosa . O ciclo reprodutivo ao iniciar, gera floração e frutificação ao longo de todo o ano, entretanto um entrave é apresentado na sua primeira floração e frutificação, pois há primariamente a emissão de inflorescências contendo somente flores masculinas. (Oliveira, M. et al. 2007)

A produção é sazonal e a safra acontece de julho a de dezembro, e entressafra de janeiro a junho, o que ocasiona oscilação no preço do produto, devido efeito oferta/procura. (Rodrigues, E. et al, 2015). Com 98,3% do total nacional o Pará se apresentou como o estado com maior produção de açaí. Os municípios com maior índice são paraenses, com ênfase em Igarapé-Miri, municípios produtores (Igarapé-Miri, Cametá, Abaetetuba, Bujaru e Portel) apontam 62,7% da produção do estado. (IBGE, 2016)

O desenvolvimento dos vegetais está ligado as questões fenológicas, que pode ser fator limitante para os eventos, sendo uma delas a precipitação, que está ligada as questões de progresso ao plantio. (Nunes, 2010) Ademais, o fator clima tem alta influencia perante a uma cultura, tendo domínio sobre a produtividade de uma planta e conseqüentemente nos custos de produção. (RODRIGUES et al., 2014).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência de floração em plantas de açaizeiro, cultivadas em monocultivo e consórcio, nas condições climáticas de Castanhal-Pa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado próximo a Fazenda Escola de Castanhal- Pa (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W).(Figura 01) Clima tropical tipo Am segundo a classificação de koppen. O solo presente para a plantação é um Latossolo amarelo distrófico, textura franco-arenoso.

A cultivar selecionada para o estudo foi o Açaí /BRS-PA, com idade de 8 anos e dossel de 12 metros de altura em uma área de 0,60 há (104,4x57,7m).Para fins meteorológicos, foi instalada uma torre micrometeorológica no local com sensores de temperatura, radiação, pluviômetro, déficit de pressão de vapor (DPV) estimado segundo metodologia de Tetens, entre outros. A cultivar foi dividida em dois sistemas, o monocultivo (M/ 8x4) e em consórcio (C) de açaí e cupuaçu (8x4 em linhas só o do açaí e 8x8 em linhas com cupuaçu). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizados distribuídos em 2 tratamentos que requeriam um total de 48 plantas, 24 para cada tratamento, havendo a inclusão da adubação completa, com o sistema de irrigação Microaspersor.

As observações fenológicas foram feitas mensalmente sendo os dados coletados no intervalo de novembro de 2017 a outubro de 2018, em que foram apurados a presença de florescimento no açaizeiro em relação as condições climáticas descritas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica (PP) ao ano totalizou 1.454,39 mm, somando 2017 e 2018, expondo seu valor máximo no mês de março de 2017.(Figura 02). A variação média quesito Radiação global incidente (Rg) no período de novembro de 2017 a outubro de 2018 foi de 17,20 MJ/m2d, com amplitude mínima e máxima de 14,73 e 19,67 MJ/m2d, consecutivamente e desvio padrão de ± 2.05 MJ/m2d (figura 1a)

O déficit de pressão por vapor (DPV) foi estimado segundo a metodologia de Tetens com média de 0.50, amplitude máxima e mínima nos meses de novembro e abril de 0.93 kPa e 0.25 kPa, respectivamente e desvio padrão ± 0.21 kPa. A umidade relativa (UR) na localidade apresentou porcentagem mínima e máxima no mesmo mês do DPV com de 77.39 e máxima de 92.96%, média e desvio padrão de 86.93% e 4.77%, na devida ordem.(Figura 1b)

A variabilidade na temperatura média do ar (Tar) foi de 27.82C° (± 1.15) no período de novembro de 2017 a outubro de 2018 com amplitude máxima e mínima de 0.93C° e 0.25 C° nessa ordem. (Figura 1C)

Em geral, foram observados que todos os meses apresentaram índice de floração nos dois sistemas, porém os meses de março, maio e setembro apresentaram índices mais elevados em relação aos outros meses, sendo que nos dois primeiros o consorcio apresentou maior índice em relação ao monocultivo e o último com o índice de floração maior no monocultivo.(Figura 1C).

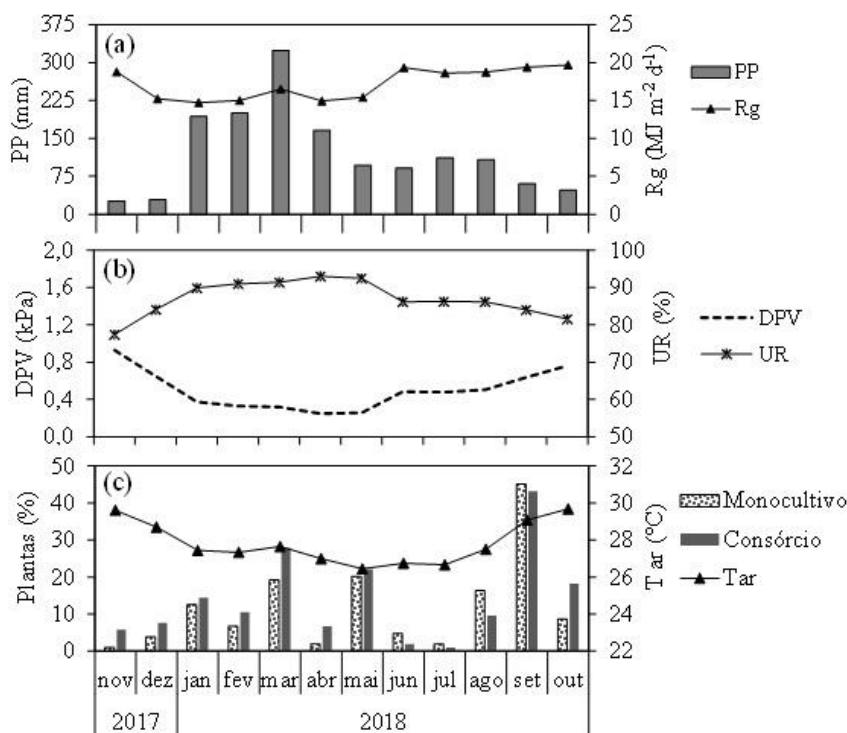


Figura 1. Interação dos fatores climáticos nos sistemas de monocultivo e consórcio.

Em análise conjunta dos fatores climáticos que influenciam no processo de floração a precipitação apresentou-se maior no mês de março com 324,20 mm, cujo gráfico indica maior pico de florescimento. Segundo Oliveira, M. et al (2007) os índices de floração e frutificação se concentram no período mais chuvoso (Janeiro a maio) e menos chuvoso (Setembro e Dezembro) respectivamente. Corroborando com os estudos feitos em castanhal, visto que os maiores índices de floração ocorreram nos devidos meses citados, entretanto, houve um pico elevado em setembro, fator contrário aos estudos feitos, contudo esse pico de floração fora do período mencionado pelo autor ocorreu por indução da tecnologia de irrigação utilizada no experimento.

A floração ocorre ao longo de todo ano, apresentando valores maiores e menores em determinados meses. (Figura 1C) Assim, revalidando os estudos de Oliveira, M. et al (2007) que mostraram o ciclo reprodutivo do açaizeiro, onde a floração e frutificação ocorre o ano todo, exceto na primeira floração que apresenta irregularidade devido a emissão de inflorescências somente com flores masculinas.

Houve diferença para a fenologia nos dois sistemas, visto que na maior parte do ano o consórcio com mínima e máxima (0,96 e 43,20) manteve os índices mais elevados que a do monocultivo (0,96 e 45,12) que se deu em alguns meses. Confirmando o estudo de JUNQUEIRA et al.(2013) que mostra os benefícios do

consórcio para uma melhor exposição das características da planta, visto que propicia o aumento da infiltração de água no solo e criando um microclima favorável.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As condições verificadas no estudo mostraram a variabilidade nos sistemas de consórcio e monocultivo do açaizeiro com valores de com mínima e máxima (0,96 e 43,20) revelando que no consórcio a floração é mais eficaz ao longo do ano todo, diferentemente do monocultivo com mínimas e máximas de (0,96 e 45,12) respectivamente. Ademais, também foi observado que o monocultivo apenas ultrapassou o consórcio em alguns meses e com um único pico no mês de setembro com 43,20% que foi o máximo registrado ao longo dos dois anos, fato esse induzido pela irrigação realizada na área de plantio.

Acrescentando, por fim, que fenologia do açaizeiro está interligada com as condições climáticas do local, que expõe seus melhores resultados de floração com as condições favoráveis ao seu desempenho.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA : **investigação da cultura de açaí no âmbito da agricultura safra do açaí 2016**. Pará 2016 Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-dnoticias/noticias/16821-safra-de-acai-foi-de-1-1-milhao-de-toneladas-em-2016/> Acesso em: 21 setembro 2017

JUNQUEIRA, A. de C.; SCHLINDWEIN, M.N.; CANUTO, J.C.; NOBRE, H.G.; SOUZA, T. de J.M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, V.8, n.1, p. 102-115, 2013.

Nogueira, O. et al. **A cultura do açaí**. 1 ed. São Paulo, SP: Texlonovo Editora e Serviços Editoriais Ltda. 1995

NUNES, H.F. **Estudo fenológico e morfológico da palmeira guariroba** (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.). 2010. 64f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Goiás.

Oliveira, M; Neto J; Pena R. **AÇAÍ: TÉCNICAS DE CULTIVO E PROCESSAMENTO**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007.

Rodrigues, E. et al. **Influência da cadeia produtiva do Açaí** (*euterpe oleraceae mart.*) **Na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, tomé açu-pa**. *Observatorio de la Economía Latinoamericana, Brasil f23. IFPA, 2015.*

RODRIGUES, N.A.; REIS, E.A. dos.; TAVARES, M. **Influências dos fatores climáticos no custo de produção do café arábica**. **Custos e Agronegócio on line**, V.10, n.3, 2014.

COMPORTAMENTO DO FLUXO DE CALOR NO SOLO EM RELAÇÃO AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Tamíres Zimmer¹; Vanessa de Arruda Souza²; Lidiane Buligon³; Débora Regina Roberti⁴
Autor para correspondência: tz.tamireszimmer@gmail.com

¹Discente de Pós-Graduação em Física na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria; ²Discente de Pós-Doutorado em Meteorologia na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS; ³Docente do Departamento de Matemática na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS; ⁴Docente do Departamento de Física na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

RESUMO

Para uma melhor compreensão dos processos de transferência de energia no solo é necessário o conhecimento do comportamento do fluxo de calor no solo (G) em relação as diferentes variáveis ambientais. O objetivo deste trabalho é investigar a relação de G com as principais variáveis meteorológicas e de solo em uma escala de tempo diária. Esta análise foi realizada para diferentes intervalos de índices de claridade da atmosfera em uma área de pastagem do Sul do Brasil. O fenômeno de histerese é observado entre o G e as variáveis atmosféricas e de solo em todos os intervalos de índice de claridade, sendo que a condição de cobertura do céu influencia na relação entre as variáveis. O fenômeno de histerese é mais acentuado entre G e a radiação solar e a temperatura do solo mais profunda.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo de calor no solo; Histereses; Variáveis ambientais

BEHAVIOR OF SOIL HEAT FLUX IN RELATION TO ENVIRONMENTAL VARIABLES

ABSTRACT

For a better understanding of the energy transfer processes in the soil, it is necessary to know the behavior of the soil heat flux (G) in relation to the different environmental variables. The objective of this work is to investigate the relation of G with the main meteorological and soil variables in a daily time scale. This analysis was performed for different intervals of the clearness index of the atmosphere in a pasture area of southern Brazil. The hysteresis phenomenon is observed between the G and the atmospheric and soil variables in all ranges of clarity index, and the sky coverage condition influences the relationship between the variables. The hysteresis phenomenon is most pronounced between G and solar radiation and the temperature of the deepest soil.

KEY-WORDS: Soil heat flux; Hysteresis; Environmental variables

INTRODUÇÃO

O fluxo de calor no solo (G) é um importante componente do balanço energético da superfície, influenciando a troca de energia entre a superfície terrestre e a atmosfera (Heusinkveld et al. 2004). O processo de transferência de energia da superfície para o subsolo é controlado por diversos fatores, tais como a disponibilidade de energia, as variações de temperatura do solo e as propriedades térmicas do solo

(An et al., 2016). Estas variáveis impactam significativamente a variabilidade do G em diferentes escalas espaço-temporais.

A relação entre G e as variáveis atmosféricas e de solo podem gerar o fenômeno de histerese. Este fenômeno pode ser considerado como a dependência de uma variável de resposta não apenas no valor de uma variável de direção, mas também em sua história passada. Assim, os loops de histerese resultantes podem demonstrar importantes informações a serem considerados na descrição do fenômeno físico, com importante uso em modelagem ambiental (Niu et al., 2011).

Neste trabalho, a relação entre o fluxo de calor no solo e as variáveis atmosféricas e de solo, obtidas em área de pastagem natural em um sítio experimental localizado no bioma Pampa no estado do Rio Grande do Sul são analisadas no ciclo diurno. O Pampa apresenta um papel significativo na conservação da biodiversidade, e o conhecimento dos processos de superfície que aí ocorrem é fundamental para sua correta modelagem e uso em futuros trabalhos de impacto ambiental de empreendimentos dos diversos setores da economia (Binkowski, 2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste estudo é analisar as curvas de resposta do fluxo de calor no solo em relação as variáveis meteorológicas e de solo para os diferentes intervalos de índices de claridade da atmosfera.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada em uma área de campos nativos destinados a pecuária no município de Pedras Altas (PA, 31°43.556' S; 53°32.036' W; 395 m de altitude), no estado do Rio Grande do Sul. A área experimental encontra-se dentro do bioma Pampa brasileiro caracterizado por campos com predomínio de vegetação rasteira. Segundo a classificação de Köppen (Peel et al., 2007), o clima pertence à zona do franco Cfa, subtropical úmido. O solo de PA é classificado como Franco Arenoso com a composição descrita em Rubert et al. (2018).

Os dados atmosféricos e de solo foram coletados no período de 01 de setembro de 2014 a 01 de setembro de 2015. A radiação global (R_g) e a temperatura do ar (T_a) foram medidas pelos seguintes sensores a 3 m de altura: LI200S (LI-COR) e CS215-L (Campbell Scientific). O fluxo de calor no solo (G) foi medido a 10 cm de profundidade pelo sensor HFP01SC (Hukseflux) e a temperatura do solo foi medida a 5 (T_{s5}) e 15 (T_{s15}) centímetros de profundidade pelo sensor T108 (Campbell Scientific).

O conjunto de dados experimentais foi subdividido usando intervalos de índice de claridade da atmosfera (k_t). O k_t é definido como a razão entre a radiação de onda curta recebida em uma superfície horizontal próxima à superfície do solo (radiação global, R_g) e a radiação de onda curta que teoricamente seria recebida na mesma superfície horizontal acima da atmosfera (Marthews et al., 2012). Segundo Kuyee and Jagtap (1992) pode-se classificar o céu como: CC = céu claro se $k_t \geq 0.65$; CPN = céu parcialmente nublado se $0.35 < k_t < 0.65$; CN = céu nublado se $k_t \leq 0.35$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre G e as variáveis R_g , T_a , T_{s5} e T_{s15} para os ciclos diários médios para os diferentes intervalos de índices de claridade é mostrada na Figura 1. As variáveis foram normalizadas pelos seus valores máximos da série de dados a fim de compararmos o padrão formado pelo comportamento histerético das curvas.

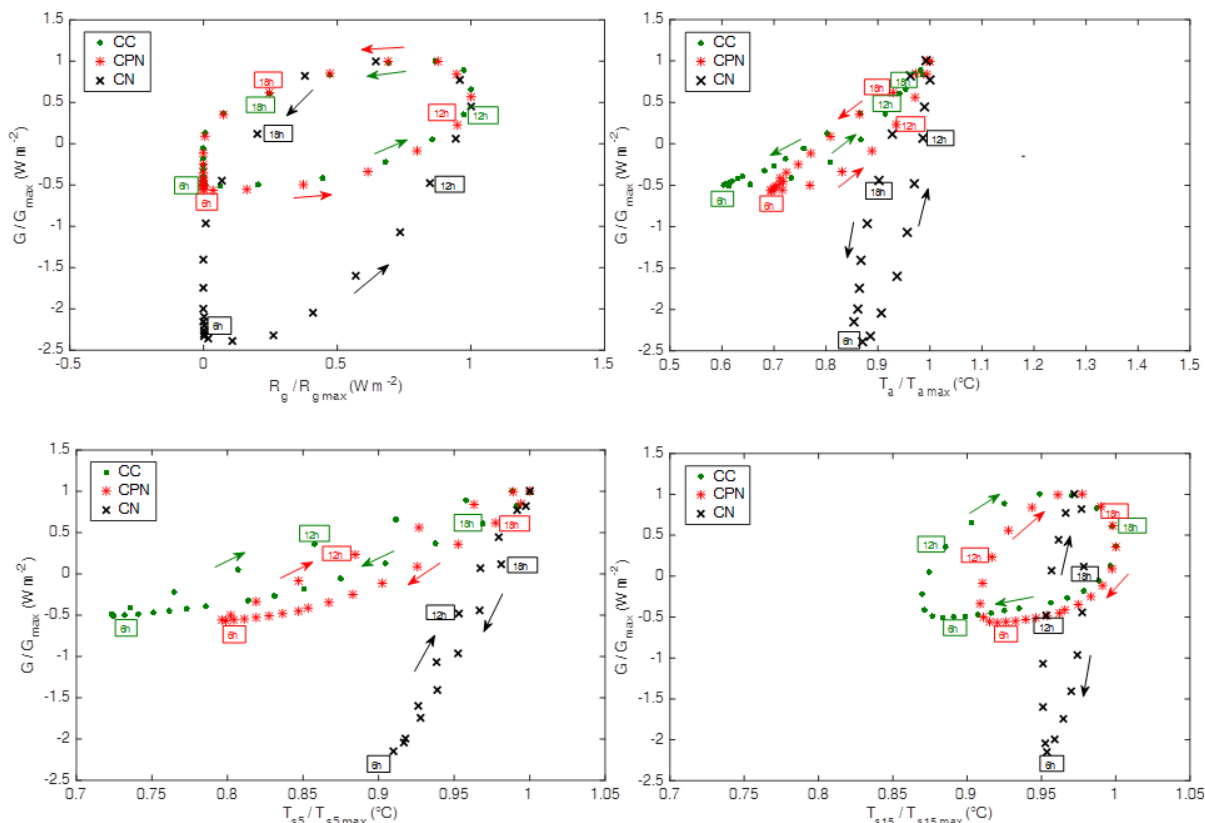


Figura 1: Fluxo de calor no solo (G) vs: (a) radiação global (R_g), (b) temperatura do ar (T_a), (c) temperatura do solo a 0,05m (T_{s5}), (d) 0,15m (T_{s15}) para CC, CPN e CN. A seta indica as direções dia (6h às 12h) e noite (18h às 6h).

Os loops de histerese mostraram comportamento horário para as variáveis T_{s5} e T_{s15} , enquanto que para R_g e T_a o comportamento foi anti-horário. A condição de claridade do céu influencia a relação entre G e as variáveis analisadas. As maiores diferenças são obtidas entre CC e CN, sendo que para o CPN as relações são similares a CN. A relação de G com T_{s5} e T_a para todas as condições de CC, CPN e CN, e T_{s15} para CN apresenta uma forma linear, mostrando melhor relação de G com estas variáveis.

Os picos máximos de histerese para T_{s5} e T_a ocorreram às 15:00 horas. Podemos observar também que a curva durante à noite para CN em T_{s5} e T_{s15} é mais inclinada, no qual as camadas do solo perdem energia mais rapidamente para aquecer a atmosfera, invertendo o sentido de G .

As curvas histeréticas entre G e R_g mostram uma defasagem entre o pico de R_g e de G . R_g , para as condições de CC e CPN apresenta o pico máximo aproximadamente às 12:00 horas, já para CN o pico máximo ocorre pela tarde aproximadamente às 14:00 horas.

O fenômeno de histerese é observado principalmente entre G e a radiação solar, uma vez que o loop de histerese apresenta uma abertura maior. Para a temperatura do solo mais profunda o fenômeno é mais evidente nos casos CC e CPN. Nos outros casos esse aspecto da curva não é observado.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O fenômeno de histerese é observado entre G e as variáveis atmosféricas e de solo em todos os intervalos de índice de claridade do conjunto de dados. Os loops de histerese foram analisados em função das variáveis ambientais e de solo com G , no qual T_{s5} e T_{s15} apresentaram comportamento horário e R_g e T_a comportamento anti-horário. O G apresenta melhor relação com T_{s5} e T_a que com R_g e T_{s15} . A condição de claridade do céu influencia a relação entre G e as variáveis analisadas. Os resultados aqui apresentados têm importância na análise do fenômeno de transporte de energia para o subsolo e as curvas características entre

G e as variáveis analisadas podem ser utilizadas como base para análise de modelos que pretendem representar o comportamento das trocas de energia entre a superfície e a atmosfera.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a UFSM, CNPq, FAPERGS, CAPES, PPGFIS - UFSM. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 1757/2017 - Programa do Sistema Terrestre. Os autores agradecem também ao projeto CAPES 88881.148662 / 2017-01.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- An, K., Wang, W., Zhao, Y., Huang, W., Chen, L., Zhang, Z., Wang, Q., Li, W., 2016. Estimation from Soil Temperature of Soil Thermal Diffusivity and Heat Flux in Sub-surface Layers. *Boundary-Layer Meteorol.* 158, 473–488.
- Binkowski, P. 2009. Conflitos ambientais e significados sociais em torno da expansão da silvicultura de eucalipto na metade sul do rio grande do sul.
- Heusinkveld, B.G., Jacobs, A.F.G., Holtslag, A.A.M., Berkowicz, S.M., 2004. Surface energy balance closure in an arid region: Role of soil heat flux. *Agric. For. Meteorol.* 122, 21–37.
- Kuye, A., Jagtap, S.S., 1992. Analysis of solar radiation data for Port Harcourt, Nigeria. *Sol. Energy* 49, 139–145.
- Marthews, T.R., Malhi, Y., Iwata, H., 2012. Calculating downward longwave radiation under clear and cloudy conditions over a tropical lowland forest site: An evaluation of model schemes for hourly data. *Theor. Appl. Climatol.* 107, 461–477.
- Niu, S. et al. Seasonal hysteresis of net ecosystem exchange in response to temperature change: patterns and causes. *Global Change Biology.* 2011; 17: 3102–3114.
- Peel, Murray C; Finlayson, Brian L; McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 4, 439–473.
- Rubert, G.C., Roberti, D.R., Pereira, L.S., Quadros, F.L.F., Velho, H.F. de C., de Moraes, O.L.L., 2018. Evapotranspiration of the Brazilian Pampa biome: Seasonality and influential factors. *Water (Switzerland)* 10, 1–18.

RENDIMENTO DE POLPA DE CUPUAÇU EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA

Erika de Oliveira Teixeira¹; Igor Cristian de Oliveira Vieira¹; Gabriel Ito dos Santos Teixeira¹; Deborah Luciany Pires Costa¹; João Vitor de Nóvoa Pinto¹
Autor para correspondência: eriikateixeira@hotmail.com

¹UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

RESUMO

O *Theobroma grandiflorum* é uma frutífera de elevada importância econômica e amplamente encontrada no Estado do Pará. O objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento de polpa dos frutos do cupuaçuzeiro em diferentes lâminas de irrigação, no município de Castanhal-PA. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Castanhal-PA. A cultivar estudada foi a BRS-Carimbó, em um plantio de 7 anos de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (TS e T50, T100, T150 da ET0) e 5 repetições. Para o cálculo do rendimento de polpa foram utilizados os frutos colhidos no mês de março de 2019. Os tratamentos TS, T50, T100 e T150 apresentaram rendimento de polpa de 32,39%, 33,33%, 34,20% e 38,70% respectivamente. A reposição de 150% da ET0 proporcionou maior rendimento de polpa. A demanda atmosférica atrelada as diferentes disponibilidades hídricas interferem no rendimento de polpa do cupuaçuzeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Theobroma grandiflorum*; Lâminas de Água; Microclima

YIELD OF CUPUAÇU PULP ON DIFFERENT WATER AVAILABILITIES IN THE CLIMATE CONDITIONS OF CASTANHAL-PA

ABSTRACT

The *Theobroma grandiflorum* is a fruit of high economic importance and widely found in the State of Pará. The objective of this study was to evaluate the yield of pulp of the fruits of the cupuaçuzeiro in different irrigation slides, in the municipality of Castanhal-PA. The experiment was carried out at the Experimental Farm of the Federal Rural University of Amazonia, in Castanhal-PA. The cultivar studied was BRS-Carimbó, in an 7-year-old plantation. The experimental design was completely randomized, with 4 treatments (TS and T50, T100, T150 from ET0) and 5 replicates. The fruit harvested in March 2019 was used to calculate pulp yield. The treatments TS, T50, T100 and T150 presented yield of pulp of 32.39%, 33.33%, 34.20% and 38.70% respectively. The replacement of 150% of ET0 provided higher pulp yield. The atmospheric demand, coupled with the different water availability, interferes with the pulp yield of the cupuaçu tree.

KEY-WORDS: *Theobroma grandiflorum*; Water Slides; Microclimate

INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Wild.Ex.Spreng.) Schum] é de origem tropical e pertencente a Malvaceae. No Brasil, sua distribuição ocorre principalmente nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão.

Apesar de grande parte da sua produção ainda ser de forma extrativista, o plantio comercial tem aumentado nos últimos anos, devido a maior demanda pelos produtos derivados dessa cultura (PEREIRA et al., 2018).

O fruto do cupuaçuzeiro possui elevada importância econômica, sendo a polpa amplamente utilizada na indústria alimentícia, através da fabricação de doces, geleias, sorvetes e bebidas (GARCIA et al., 2014). A Região Norte obteve uma produção de 3100 t, sendo o Estado do Pará o maior produtor, responsável por 45,9% dessa produção (IBGE, 2017).

Em regiões onde a distribuição das chuvas ocorre de maneira irregular, a ausência ou a quantidade de água abaixo da necessidade da cultura pode comprometer o seu rendimento (RODRIGUES et al., 2017), visto que está frutífera não tolera períodos prolongados de estiagem (SOUZA et al., 2017). Com isso, a irrigação é indispensável para garantir que o vegetal expresse sua máxima capacidade produtiva, uma vez que a água é um dos elementos fundamentais para o seu metabolismo, pois contribui para a abertura estomática, transpiração e fotossíntese, proporcionando maiores incrementos de produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento de polpa dos frutos do cupuaçuzeiro em um plantio comercial submetido a diferentes lâminas de irrigação, no município de Castanhal-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um plantio comercial, próximo a Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, localizada no município de Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W). O clima da região é de monções, tipo Ami, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiser. A temperatura do ar média anual é 26,5 °C, precipitação pluviométrica média anual de 2.432 mm e umidade relativa do ar em torno de 80% (ALVARES et al., 2014). O solo é classificado como Latossolo amarelo distrófico, com textura franco-arenosa (SANTOS et al., 2018).

A cultivar estudada foi a BRS-Carimbó, em um plantio de sete anos de idade, estando em consórcio com o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart) e em uma área de aproximadamente 0,3 ha. O espaçamento adotado foi o de 4 x 4 m entre açaizeiro e 8 x 8 m entre cupuaçuzeiro. A irrigação utilizada foi por microaspersão, com vazão de 26L/h e eficiência de 86%.

Uma torre micrometeorológica de 14 m de altura foi instalada no centro da área e instrumentada com sensores de temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e precipitação (PP). As leituras eram realizadas a cada 10 segundos e as médias gravadas a cada 20 minutos. O DPV foi estimado de acordo com a metodologia de Tetens (1930).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos correspondendo a Tratamento Sequeiro (TS) e Tratamento com 50%, 100% e 150% da ET₀ diária (T50, T100 e T150 respectivamente) com 5 repetições. A ET₀ foi calculada conforme a metodologia de Penman-Monteith 56 da FAO (Allen et al., 1998) (Eq. 1).

O rendimento de polpa foi calculado utilizando a equação 1, em que foi coletado frutos em campo e conduzidos ao laboratório para medições biométricas e despulpamento. Para esta análise utilizou-se o mês de março de 2019, o qual foi identificado como o pico da colheita dos frutos.

$$RP = Mpb/Mtf * 100 (\%)$$

Eq. (1)

Em que, RP – Rendimento de Polpa (%); *Mpb* – Massa da Polpa Bruta (g) e *Mtf* – Massa Total do Fruto (g).

Utilizou-se análise estatística descritiva para avaliar os elementos climático e o rendimento de polpa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o período de avaliação (Setembro a Novembro/2018), a Temperatura média do ar foi de 29,65 °C ($\pm 0,76$), com mínima de 27,75 °C e máxima de 31,22 °C e a ET0 média correspondeu a 3,45 mm ($\pm 0,41$) variando entre um mínimo de 2,18 mm e um máximo de 4,31 mm (Figura 1 a). A UR média de 81,81% ($\pm 4,03$), variando de 74,33 % a 90,91 % e o DPV apresentou média de 0,75 KPa ($\pm 0,19$), com amplitude mínima de 0,33 KPa e máxima de 1,12 KPa (Figura 1 b). A Precipitação pluviométrica total foi de 117,61 mm, sendo o mês mais chuvoso o de setembro com uma precipitação mensal de 58,66 mm (Figura 1 a).

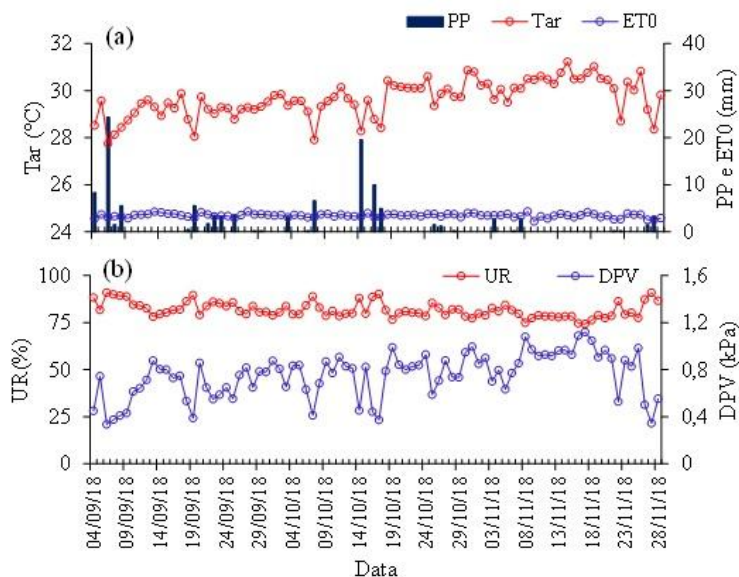


Figura 1. Variabilidade das condições climáticas de um plantio comercial de cupuaçuzeiro em Castanhal-PA. Em (a) Temperatura do ar (Tar), Evapotranspiração de referência (ET0) e Precipitação Pluviométrica (PP); (b) Umidade Relativa (UR) e Déficit de Pressão de Vapor (DPV). Fonte: Os autores.

Nas condições climáticas descritas, a quantidade de água disponível para o cupuaçuzeiro correspondeu ao percentual de cada tratamento somados as precipitações pluviométricas ocorridas durante o período avaliado, resultando em um total de água de 117,61 mm (TS), 217,28 mm (T50), 315,13 mm (T100) e 412,97 (150).

Os tratamentos TS (32,39%), T50 (33,33%) e T100 (34,20%) apresentaram rendimento de polpa abaixo do rendimento médio característico da cultivar, em que corresponde a 38% (Figura 2). Esse teor de polpa encontrado nos respectivos tratamentos, além de abaixo do rendimento potencial da cultivar, também está abaixo do potencial das cultivares encontradas no mercado que é em torno de 35% (ALVES, 2012).

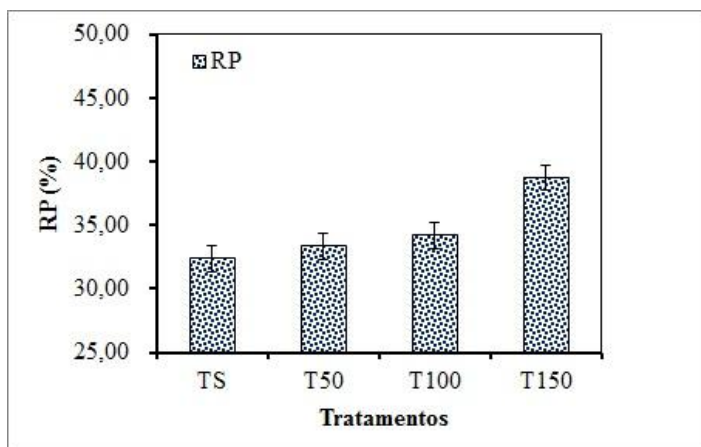


Figura 2. Rendimento de Polpa de cupuaçu em diferentes disponibilidades hídricas (TS- Sequeiro, T50-T50% da ET0, T100-T100% da ET0 e T150-T150% da ET0). Fonte: Os autores.

Enquanto que o tratamento que recebeu lâmina referente a 150% da ET0 expressou o maior rendimento, sendo este de 38,70% (Figura 2). É provável que o maior rendimento de polpa encontrado neste tratamento,

tenha influência da maior quantidade de água disponível para o cupuaçuzeiro, visto que esta é fundamental para abertura estomática do vegetal e consequentemente permite a assimilação de CO₂, sendo necessário para a realização dos processos fotossintéticos os quais irão contribuir para maiores rendimentos de polpa e qualidade dos frutos (OLIVEIRA-NETO et al., 2005; COELHO, et al., 2000).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- Os tratamentos TS, T50 e T100 apresentaram valores abaixo do rendimento potencial da cultivar, inferindo-se que as reposições utilizadas não foram suficientes para elevar o rendimento de polpa;
- O tratamento com 150% de reposição contribuiu para um rendimento de polpa acima do esperado, sendo de 38,70%;
- A demanda atmosférica atrelada as lâminas de água disponíveis para as culturas interferem no rendimento de polpa do cupuaçuzeiro.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAM).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. **Irrigation and Drainage Paper**, 56.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ALVES, R.M. **BRS Carimbó**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. (Folder Técnico), 2012 6p.

GARCIA, T.; POTIGUARA, R.; KIKUCHI, T.; DEMARCO, D.; AGUIAR-DIAS, A. Leaf anatomical features of three *Theobroma* species (Malvaceae s.l.) native to the Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 3, p. 291-300, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Produção de cupuaçu**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/Ispa>>. Acesso em: 10 de Mai de 2018.

PEREIRA, Ana L.F.; ABREU, Virgínia K.G.; RODRIGUES, Sueli. Cupuassu - *Theobroma grandiflorum*. **Exotic Fruits**, 2018. p. 159-162.

RODRIGUES, J. D. B.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES, R. M.; CUNHA, R. L. M.; BASTOS, A. J. R.; TEIXEIRA, A. L. Comportamento morfológico no período de crescimento de progênes de cupuaçuzeiro em resposta a restrição hídrica. **Ciência & Tecnologia Fatec-JB**, v. 9, 2017.

SANTOS, H.G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa**. Brasília, ed 5, 2018. p. 277-300.

SOUZA, A.G.C.; ALVES, R.M.; SOUZA, M.G. (*Theobroma grandiflorum*). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 954p.

TETENS, V. O. Über einige meteorologische Begriffe. **Zeitschrift Geophysic**, v. 6, n.1, p. 297-309, 1930.

OLIVEIRA-NETO, C.F. FREITAS, J.M.N. de, BARIANE, A.; CARVALHO, C.J.R.; COSTA, R.C.L. da. Estudos ecofisiológicos e bioquímicos do cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (wild.ex.spreng.) schum] submetido ao estresse hídrico e a reidratação. **Embrapa**, 2005.

COELHO, E. F.; SOUÇA, V. Ç de.; AGUIAR NETTO, A de. O.; OLIVEIRA, A. S de. Manejo de irrigação em fruteiras tropicais. Bahia: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2000. 48 p.

CORRELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS CLIMÁTICOS E A PRODUÇÃO DE CUPUAÇU EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, CASTANHAL-PA

Carmen Grasiela Dias Martins¹; Maria de Lourdes Alcântara Velame¹; Matheus Lima Rua¹; Stefany Porcina Peniche Lisboa¹; Deborah Luciany Pires Costa¹
Autor para correspondência: grasi.dias95@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia; ²ISARH / Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

O cupuaçuzeiro é uma das culturas frutíferas mais promissoras e tradicionais da região Amazônica, por conta de seu grande aproveitamento de polpa e de sementes. É de grande importância o estudo da irrigação para avaliar a viabilidade da mesma. O objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação entre os principais elementos climáticos, que interferem na produção dos vegetais, com produção de frutos de cupuaçu em duas disponibilidades hídricas em Castanhal-PA. A cultura de estudo foi a BRS Carimbó, o estudo se deu em uma área de aproximadamente 0,30ha em um consórcio próximo a Fazenda Escola de Castanhal-PA. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (TS e TI) e 10 repetições. Foi concluído que a radiação global - Rg e a massa do fruto - MF possuem correlação direta. E que o TI é altamente viável para a produção de cupuaçuzeiro em consórcio, nas condições climáticas de Castanhal-PA.

PALAVRAS-CHAVE: Theobroma grandiflorum; Microclima; Irrigação

CORRELATION BETWEEN CLIMATE ELEMENTS AND THE PRODUCTION OF CUPUAÇU IN DIFFERENT WATER AVAILABILITIES, CASTANHAL-PA

ABSTRACT

Cupuaçuzeiro is one of the most promising fruit crops in the Amazon region, due to its great use of pulp and seeds. It is of great importance the study of the irrigation to evaluate the viability of the same. The objective of this work was to evaluate among the main climatic elements, which interfere in the production of vegetables, with production of cupuaçu fruits in two water resources in Castanhal-PA. The study culture was a BRS Carimbó, the study occurred in an area of approximately 0.30ha in a consortium near the Fazenda Escola de Castanhal-PA. The statistical design was used to the full randomized, with 2 treatments (TS and TI) and 10 replicates. It was performed a global radiation - Rg and the mass of the fruit - MF are available directly. And that IT is highly feasible for the production of cupuaçu trees in consortium, in the climatic conditions of Castanhal-PA.

KEY-WORDS: Theobroma grandiflorum; Microclimate; Irrigation

INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum) pertencente à família Malvaceae (SILVA, 2015) e é considerada uma promissora fruta tropical cujo fornece um fruto com alta aproveitabilidade de polpa e de sementes. O cupuaçuzeiro cultivado desenvolve bem em clima tropical, com condições edafoclimáticas semelhante ao da floresta tropical úmida da Amazônia. Nos primeiros quatro anos

após o plantio, o cupuaçuzeiro adapta-se bem ao sombreamento, o que permite o plantio consorciado com culturas de ciclo curto e perenes (SOUZA, 2017).

Dentre as frutas tropicais nativas da região amazônica, o cupuaçu é a que reúne melhores condições de aproveitamento industrial devido ao amplo aproveitamento do fruto e o alto rendimento de sua polpa (COSTA et al., 2003). A polpa do fruto apresenta características sensoriais e tecnológicas importantes na elaboração de vários produtos da indústria de alimentos, a indústria de cosméticos utiliza o óleo das amêndoas na fabricação de artigos de higiene pessoal e cosméticos (SOUZA, 2017). As sementes do cupuaçu também são utilizadas para produzir o cupulate.

O déficit hídrico por período relativamente longo, durante a floração e frutificação constitui um dos sérios problemas para o seu cultivo. O cupuaçuzeiro flora no início do período seco. Caso haja falta de chuvas nos meses subsequentes, os frutos novos serão abortados. Portanto, o crescimento e a produção estão estreitamente ligados à provisão de água. Assim, os locais com as condições climáticas mais propícias para o desenvolvimento do cupuaçuzeiro seriam aqueles com chuvas abundantes e que não provocasse déficit hídrico em pelo menos 10 meses do ano. Contudo, o problema hídrico pode ser amenizado com a adoção da prática de irrigação (SOUZA, 2017).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi avaliar a correlação entre os principais elementos climáticos, que interferem na produção dos vegetais, com produção de frutos de cupuaçu em duas disponibilidades hídricas em Castanhal-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido próximo a Fazenda Escola de Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W), em um plantio comercial de cupuaçuzeiro, consorciado com açaizeiro, que apresenta 7 anos de idade. A área possui solo do tipo Latossolo amarelo distrófico, textura franco-arenoso (SANTOS, 2018). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta o tipo climático Am (ALVARES et al., 2014).

A cultivar de estudo foi a BRS Carimbó, em uma área de aproximadamente 0,30ha (52,2mx57,7m). O sistema de cultivo se dá em um espaçamento de 8mx8m entre plantas de cupuaçu e 8mx4m entre plantas com açaí, o controle de plantas invasoras realizado foi através de roçagens e foi utilizado 2,5 kg/touceira/ano de adubo completo (N-P-K-Ca-Mg, FTE). A irrigação foi realizada por microaspersores (1 micro/planta). Para calcular a evapotranspiração de referência (ET₀) foi utilizado o método Penman Monteith 56 da FAO (ALENCAR, 2015).

O delineamento estatístico avaliado foi o Inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (TS – Tratamento Sequeiro e TI – Tratamento irrigado com 50% da ET₀ diária), cada tratamento tendo uma área de ± 0,0752ha (14,425mx52,2m) e 10 repetições (aleatórias com área de 16 m² em cada amostra, com 1 planta), totalizando 20 plantas amostrais. A irrigação ocorreu entre os dias julianos 247 a 332 de 2018 (entre 04/09/2018 a 28/11/2018).

Os dados climáticos foram provenientes de uma torre micrometeorológica automática instalada no centro da área experimental. Dados climáticos avaliados corresponderam ao mesmo período que ocorreu a irrigação, estes foram: Radiação global – R_g, Velocidade do vento – u₂, Precipitação - PP, Temperatura do ar – T_{ar}, Umidade relativa – UR, Déficit de pressão de vapor – DPV em que este foi estimado pelo método de Tetens (1930). A colheita foi realizada nos meses de fevereiro, março e abril de 2019.

Os dados foram analisados por meio de análise descritiva e correlação de Pearson - r. Para classificar a correlação de Pearson foi utilizado o método de Dancey e Reidy (2005) cujo apontam para uma classificação ligeiramente diferente: r = 0,10 até 0,30 (fraco); r = 0,40 até 0,60 (moderado); r = 0,70 até 1 (forte).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período avaliado (04/09/2018 a 28/11/2018) a média da radiação global equivaleu a $18,995 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($\pm 2,309$), apresentando uma amplitude máxima de $23,703 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e uma mínima de $12,568 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, a velocidade média do vento foi igual a $0,767 \text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,215$), com uma máxima de $1,375 \text{ m s}^{-1}$ e uma mínima de $0,3289 \text{ m s}^{-1}$, a temperatura média do ar correspondeu a $29,65 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 0,765$), com amplitude máxima de $31,22 \text{ }^\circ\text{C}$ e mínima de $27,75 \text{ }^\circ\text{C}$, a UR média foi de $81,80 \%$ ($\pm 4,026$), amplitude máxima de $90,91 \%$ e mínima de $74,33 \%$, foi observado a relação entre Tar e UR, quando a Tar aumenta a UR diminui. A média do DPV foi igual a $0,752 \text{ kPa}$ ($\pm 0,19$), com uma máxima de $1,121 \text{ kPa}$ e mínima de $0,334 \text{ kPa}$, a precipitação pluviométrica total foi de $117,612 \text{ mm}$, apresentando uma máxima de $24,38 \text{ mm}$ no dia 06 de setembro de 2018, foi visualizado que quando a PP está alta o DPV decresce.

O tratamento sequeiro – TS, apresentou uma produção média de $66,552 \text{ kg}$ e a produção média do tratamento irrigado – TI, correspondeu a $92,275 \text{ kg}$. A água é um fator essencial para o desenvolvimento das plantas, pois faz parte de diversos processos no metabolismo vegetal atribuindo forma e estrutura dos órgãos, atuando na expansão e crescimento celular (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A correlação de Pearson entre a massa do fruto – MF (kg) e as variáveis climáticas nos dois tratamentos (TS e TI) apresentou resultados estatisticamente significativos ($p < 0,01$) em todas as variáveis, exceto na velocidade do vento. Foi observado que a Rg no TI possui uma maior influência ($r = 0,9999$) e é classificada como correlação forte, enquanto o T0 é classificada como correlação moderada ($r = 0,69773$) (Tabela 1). Dentre os vários fatores ambientais que determinam o crescimento e desenvolvimento de plantas, a radiação solar interceptada pela folhagem é a principal fonte de energia para os processos de fotossíntese, produção de biomassa, balanço de energia, troca de dióxido de carbono e transpiração (CONSOLI et al., 2006).

Tabela 1. Correlação de Pearson entre os elementos climáticos e a produção de cupuaçu cultivado em sequeiro e irrigado, em um consórcio de cupuaçuzeiro e açaizeiro em Castanhal-PA.

Tratamento Sequeiro (TS)						
	Rg ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	Tar ($^\circ\text{C}$)	UR (%)	DPV (kPa)	u2 (m s^{-1})	MF (kg)
Rg ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	1					
Tar ($^\circ\text{C}$)	0,76084*	1				
UR (%)	-0,74595*	0,99974**	1			
DPV (kPa)	-0,75729*	0,99999*	0,99985*	1		
u2 (m s^{-1})	-0,7012 ^{ns}	0,070827 ^{ns}	0,04823 ^{ns}	0,065389 ^{ns}	1	
MF (kg)	0,69773*	-0,99574*	0,99757*	-0,99622*	0,021484 ^{ns}	1
Tratamento Irrigado 50% da ETO (TI)						
	Rg ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	Tar ($^\circ\text{C}$)	UR (%)	DPV (kPa)	u2 (m s^{-1})	MF (kg)
Rg ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	1					
Tar ($^\circ\text{C}$)	0,76084*	1				
UR (%)	-0,74595*	0,99974**	1			
DPV (kPa)	-0,75729*	0,99999*	0,99985*	1		
u2 (m s^{-1})	-0,7012 ^{ns}	0,070827 ^{ns}	0,04823 ^{ns}	0,065389 ^{ns}	1	

MF (kg)	0,9999*	-0,76989*	0,75525*	-0,7664*	-0,6911 ^{ns}	1

ns – Não significativo ($p > 0,05$); *Significativo ($p < 0,05$). **Altamente significativo ($p < 0,01$)

Quando as outras variáveis (Tar, UR e DPV) dos dois tratamentos (TS e TI) foram avaliadas, foi observado que todas elas independente do tratamento foram classificadas como correlação forte. No entanto, houve pequenas diferenças nos valores, onde as maiores correlações ocorreram no TS (Tabela 1).

Com isso, pode-se concluir que quando a planta está sujeita a maior disponibilidade hídrica (TI) a mesma fica menos suscetível as condições climáticas. Logo, sem limitação hídrica ela expressa todo o seu potencial genético de produção, dependendo então apenas da radiação solar, a qual fornece para a planta o CO₂ para a mesma realizar a fotossíntese.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

- O TI – Tratamento irrigado com 50% da ET₀, em um consórcio entre cupuaçuzeiro e açazeiro, apresenta maior produção de cupuaçu (92,275 Kg) que o TS – Tratamento sequeiro (66,552 kg), nas condições climáticas de Castanhal-PA.
- A análise de Pearson apontou uma maior Rg no TI (0,9999 MJ m⁻² d⁻¹). Enquanto no TI dados como a Tar, UR e DPV, possuem uma menor correlação. Logo, constata-se que o TI é viável para o cupuaçuzeiro, pois a produção é maior e não há uma grande vulnerabilidade a variáveis climáticas como Tar, UR e DPV.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALENCAR, L.P.; SEDIYAMA, G.C.; MANTOVANI, E.C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀ padrão FAO), para Minas Gerais, na ausência de alguns dados climáticos. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.39-50, 2015.
- ALVARES. C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- CONSOLI, S.; O'CONNELL, N.; SNYDER, R. Measurements of light interception by orange orchard canopies: the case study of Lindsay (California). **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Amsterdam, v. 132, p. 9–20, 2006.
- COSTA, M. C. et al. Conservação de polpa de cupuaçu [Theobroma grandiflorum (Willd. Ex Spreng.) Schum] por métodos combinados. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 3, p. 213–215, 2003.
- DANCEY, Christine & REIDY, John., **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed, 2006.
- SANTOS, H.G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa**. Brasília, ed 5, 2018. p. 277-300.

SILVA, R. J. S. **Caracterização in silico e análise de expressão de genes do tipo PR de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*)**. 2015. 78f. Dissertação (Mestrado em Genética e biologia molecular) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

SOUZA, A.G.C.; ALVES, R.M.; SOUZA, M.G. (***Theobroma grandiflorum***). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 954p.

TETENS, V. O. Über einige meteorologische Begriffe. **Zeitschrift Geophysic**, v. 6, n.1, p. 297-309, 1930.

REANALISANDO O EFEITO DA RESISTÊNCIA DE SUPERFÍCIE PARA O MODELO DE PENMAN-MONTEITH

Rodolfo Armando de Almeida Pereira¹; Alexandre Ortega Gonçalvez¹; Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva¹; Luiz Roberto Angelocci¹; Marcos Vinícius Folegatti¹
Autor para correspondência: rodolfopereira@usp.br

¹Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo - ESALQ/USP

RESUMO

O método de Penman-Monteith parametrizado e recomendado pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) no boletim nº56 de Irrigação e Drenagem é tido como a melhor maneira de se estimar a evapotranspiração de referência (ET_o). Porém, mesmo sendo um método amplamente testado e aplicado em diversas partes do mundo, uma linha de trabalhos mostra uma tendência de queda do coeficiente de cultivo (K_c) em função do aumento da ET_o. Apesar de evidente, tal tendência ainda não foi completamente compreendida, mas tem-se evidências de que a parametrização da resistência a superfície (r_s) feita pela FAO pode ter papel importante na explicação desse mecanismo. O objetivo do trabalho é investigar diferentes valores de r_s e averiguar se existe alguma explicação para a tendência de queda do K_c em função do aumento de ET_o. Para tanto, um experimento foi conduzido sobre gramado irrigado para quantificação da evapotranspiração e dos valores de r_s . Os valores de r_s obtidos a partir da resistência estomática variaram 30 a 551 s.m⁻¹, com média de 224 s.m⁻¹, desvio padrão de 110 s.m⁻¹ e moda de 170 s.m⁻¹. A parametrização usando os valores medidos não foram satisfatórios, subestimando os valores de ET_o. O melhor ajuste foi de 96 s.m⁻¹ obtido com um método iterativo. Constatou-se que o método da FAO apresentou superestimativa para ET_o < 2mm.d⁻¹, e que talvez os valores de ET_o para esse intervalo justifique, em parte, a tendência de queda do K_c em função do aumento de ET_o.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração de referência (ET_o); coeficiente de cultivo (K_c); irrigação

REASSESSING THE ROLE OF SURFACE RESISTANCE ON THE PENMAN-MONTEITH

ABSTRACT

The Penman-Monteith method was developed by Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in paper nº56 of Irrigation and Drainage as a reference evapotranspiration (ET_o). However, although a method widely tested and applied in several parts of the world, a line of works shows a tendency of decrease of the crop coefficient (K_c) in function of the increase of ET_o. This fall has not yet been fully explained, so the parameterization of surface resistance (r_s) by the FAO appears as hypothesis, since it is a parameter that is directly related to vegetated surface. Thus, the objective of the work is to investigate different values of r_s and to investigate if there is any explanation for the tendency of K_c to all as a function of the increase of ET_o. The values of r_s obtained from the stomatal resistance ranged from 30 to 551 s.m⁻¹, with average of 224 s.m⁻¹, standard deviation of 110 s.m⁻¹ and a fashion of 170 s.m⁻¹. The parameterization using the measured values was not satisfactory, underestimating the values of ET_o. The best fit was 96 s.m⁻¹, obtained numerically using the Solver. It was found that the FAO method presented an overestimation for ET_o < 2 mm.d⁻¹, and that perhaps the ET_o values for this interval partially justify the downward trend of K_c as a function of the ET_o increase

KEY-WORDS: reference evapotranspiration (ET_o); crop coefficient (K_c); irrigation

INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura tem como um de seus pilares a metodologia para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) publicada pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) no boletim nº 56 de Irrigação e Drenagem (ALLEN et al., 1998). Esse método foi e é amplamente difundido e aceito na maior parte do mundo em aplicações na irrigação e em estudos sobre consumo hídrico de diversas culturas (ALLEN et al., 2005). O uso desse método alinhado ao coeficiente de cultivo (K_c) é uma forma prática de se obter a evapotranspiração de cultura (ET_c), já que mensurar a ET_c é pouco aplicável em situações práticas.

A aplicação do K_c em estudos relacionados ao consumo hídrico é amplamente difundida. Nos últimos anos, alguns autores notaram que existe uma tendência de queda nos valores de K_c em relação ao aumento da ET_o. Esse padrão foi observado primeiro para cana de açúcar, citros e café (MARIN et al., 2005, 2016; MARIN; ANGELOCCI, 2011) e depois para o milho (Sobenko et al., 2018). A justificativa para essa queda, até então, era que o K_c indicava essa queda em consequência do alto acoplamento dessas culturas com a atmosfera, seguindo a abordagem física proposta por Jarvis e McNaughton (1986). Porém, o padrão de queda no K_c foi observado também para a cultura da soja, que não apresentava os mesmos níveis de acoplamento copa-atmosfera observada nas culturas anteriores (SILVA et al., 2019).

Nesse sentido, a investigação voltou-se para o método de ET_o parametrizado pela FAO. A parametrização da FAO teve origem a partir da equação de Penman (1948), que combinou o balanço de energia com o método de transferência de massa e derivou a equação para calcular a evaporação de uma superfície de água aberta a partir de dados meteorológicos (ALLEN et al., 1998; PENMAN, 1948). Diversos pesquisadores desenvolveram esse método aplicando em superfícies que não fossem corpos de água e introduziram fatores de resistência, como a resistência aerodinâmica (r_a) e de superfície (r_s), chegando por fim a equação utilizada atualmente (ALLEN et al., 1998). Essas duas resistências foram parametrizadas considerando uma cultura hipotética com 0,12 m de altura e albedo de 0,23, em suma a r_a foi simplificada para uma função da velocidade do vento medido a 2 metros de altura e a r_s teve valor fixado em 70 s.m⁻¹ (ALLEN et al., 1998).

A parametrização de r_s é uma das mais investigadas na literatura quando se trata na estimativa da ET_o, pois está diretamente relacionada a resposta da planta as condições ambientais, já que é função da resistência estomática e, conseqüentemente, está ligada ao transporte de água para atmosfera. Esta variável, como destacada por ALLEN et al., (2005) tem grande variabilidade espaço-temporal, com sugestões de os calculos de ET_o para períodos de 1h o valor de r_s deve variar para o período noturno e diurno numa tentativa de aprimorar a qualidade da estimativa da ET_o.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho foi investigar os valores de r_s e discutir sua parametrização na equação da ET_o, bem como contribuir para a compreensão do mecanismo por trás da tendência de queda do K_c em relação ao aumento de ET_o.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área Experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba, (latitude 22°42’56’’S, longitude 47°38’33’’O, altitude 511m). O clima é classificado como Cwa e o solo é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico. A umidade na capacidade de campo (θ_{cc}) foi de 0,370 m³.m⁻³ e a umidade no ponto de murcha permanente foi de 0,270 m³.m⁻³.

As variáveis meteorológicas foram mensuradas a cada segundo e a média a cada cinco minutos era armazenada em uma datalogger (CR1000; Campbell Scientific, Inc). Os sensores utilizados para a coleta dos dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Instrumentação utilizada para medições das variáveis meteorológicas e umidade do solo.

Variáveis	Modelo
Temperatura e umidade relativa do ar	HMP155 – VAISALA
Sensor de fluxo de calor no solo	HFP01 – Hukseflux
Saldo de radiação	NR-Lite 2 – Kipp & Zone
Velocidade do Vento	Anemômetro MET One
Precipitação	TE525MM – Texas Instruments
Umidade Volumétrica	CS616 – Campbell Scientific Inc.

Resistência a superfície – (r_s)

Medidas da resistência estomática (r_l) foram realizadas com porômetros de equilíbrio dinâmico (modelo Delta T, AP4), em diferentes períodos ao longo do experimento, totalizando 6 campanhas de medições e em cada campanha eram feitas de 5 medições ao dia em pelo menos 10 folhas.

A r_s descreve a resistência do fluxo de vapor de água através das aberturas dos estômatos, da área foliar e da superfície do solo (Allen et al., 1998). A parametrização recomendada pelo boletim 56 da FAO (FAO56) é que r_s seja de 70 s.m^{-1} , para que represente uma superfície do solo moderadamente seca, resultante de uma frequência semanal de irrigação (Allen et al., 1998).

A r_s para vegetação com cobertura continua é calculada como uma função da área foliar efetiva, assumindo que todas as folhas funcionam como resistores em paralelo (ALLEN et al., 2005), em que:

$$r_s = \frac{r_l}{LAI_{ef}} \quad \text{Eq. (108)}$$

onde r_s é dado em s.m^{-1} , r_l é a resistência estomática de uma folha iluminada (s.m^{-1}) e LAI_{ef} é a índice de área foliar efetivo ($\text{m}^2[\text{área foliar}].\text{m}^{-2}[\text{solo}]$). Para grama a FAO56 assumi que $LAI_{ef} = 0,5 * LAI$, $LAI = 24h$ e que a altura da grama é igual $0,12 \text{ m}$, assim a equação 1 foi simplificada para:

$$r_l = \frac{r_l}{(0,5 \cdot 24 \cdot 0,12)} = \frac{r_l}{1,44} \quad \text{Eq. (109)}$$

Resistência Aerodinâmica – (r_a)

A transferência de calor e vapor de água da superfície de evaporação para o ar acima do dossel foi determinada pela resistência aerodinâmica:

$$r_a = \frac{\ln\left[\frac{z_m-d}{z_{om}}\right] \cdot \ln\left[\frac{z_h-d}{z_{oh}}\right]}{k^2 \cdot u_z} \quad \text{Eq. (110)}$$

em que r_a é dados em s.m^{-1} ; z_m é altura que o vento foi medido (no caso à 2 m); z_h altura que a umidade relativa foi medida (2 m); d é o deslocamento do plano zero (m); z_{om} comprimento da rugosidade para transferência de momento (m); z_{oh} comprimento da rugosidade para transferência de calor e vapor (m); k é constante de Karman (0,41); u_z é a velocidade do vento medido na altura z (m.s^{-1}) (Allen et al., 1998). Como a gramado foi mantido nas condições de altura recomendadas pela FAO56 e os sensores também, a equação 3 foi simplificada para:

$$r_a = \frac{208}{u_2} \quad \text{Eq. (111)}$$

Evapotranspiração de Referência ETo

A evapotranspiração de referência foi calculada seguindo as recomendações FAO56, sendo calculada da seguinte maneira:

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot s \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{(T_{ar} + 273)} \cdot u_2 \cdot \Delta_e}{s + \gamma \cdot (1 + C_d \cdot u_2)} \quad \text{Eq. (112)}$$

em que s é a curva de pressão de saturação, Rn é o saldo de radiação ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$); γ é a constante psicrométrica ($0,063441 \text{ } ^\circ\text{C.kPa}^{-1}$); T_{ar} é a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 é a velocidade média do vento medida a 2 metros (m.s^{-1}); Δ_e é o déficit de pressão de vapor (kPa); $C_d = r_s/r_a$ (Allen et al., 1998). É importante lembrar que os valores de r_s foram alterados para testar novas parametrizações, consequentemente alterando o valor de C_d .

Razão de Bowen – (ET_{bw})

O MRB estima o fluxo de calor latente (LE) usando medidas à superfície dos gradientes de temperatura e umidade do ar, saldo de radiação e fluxo de calor no solo.

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{\Delta T}{\Delta e_a} \cdot \gamma \quad \text{Eq. (113)}$$

$$ET_{bw} = \frac{Rn - G}{(1 + \beta) \cdot \lambda} \quad \text{Eq. (114)}$$

em que ET_{bw} é a evapotranspiração para gramado dada em mm.dia^{-1} ; Rn é o saldo de radiação medido sobre a superfície vegetada ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); ΔT é o gradiente da temperatura do ar medida nos dois níveis pelos termohigrometros ($^{\circ}\text{C}$); Δe_a é a diferença de pressão atual de vapor do ar; λ é o calor latente de evaporação (MJ.Kg^{-1}); γ ($0,063441 \text{ } ^{\circ}\text{C.kPa}^{-1}$) é a constante psicrométrica.

Righi (2004), afirmou que o Método da Razão de Bowen (MRB) pode apresentar incoerência nos valores. Nesse sentido foi aplicado a metodologia proposta por Perez et al., (PEREZ et al., 1999) para considerar apenas os dados que apresentam consistência física, evitando possíveis erros de estimativa

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESULTADOS

Os valores de r_s medidos variaram de 30 a 551 s.m^{-1} , com valor médio de 224 s.m^{-1} e desvio padrão de 110 s.m^{-1} , tendo um coeficiente de variação (σ/μ) de 48,97 %. Baseado no teste de Shapiro-Wilk, com $p\text{-valor} = 0,00017$, foi rejeitada a hipótese nula, ou seja, a distribuição normal não se ajustou aos valores de r_s medidos em campo.

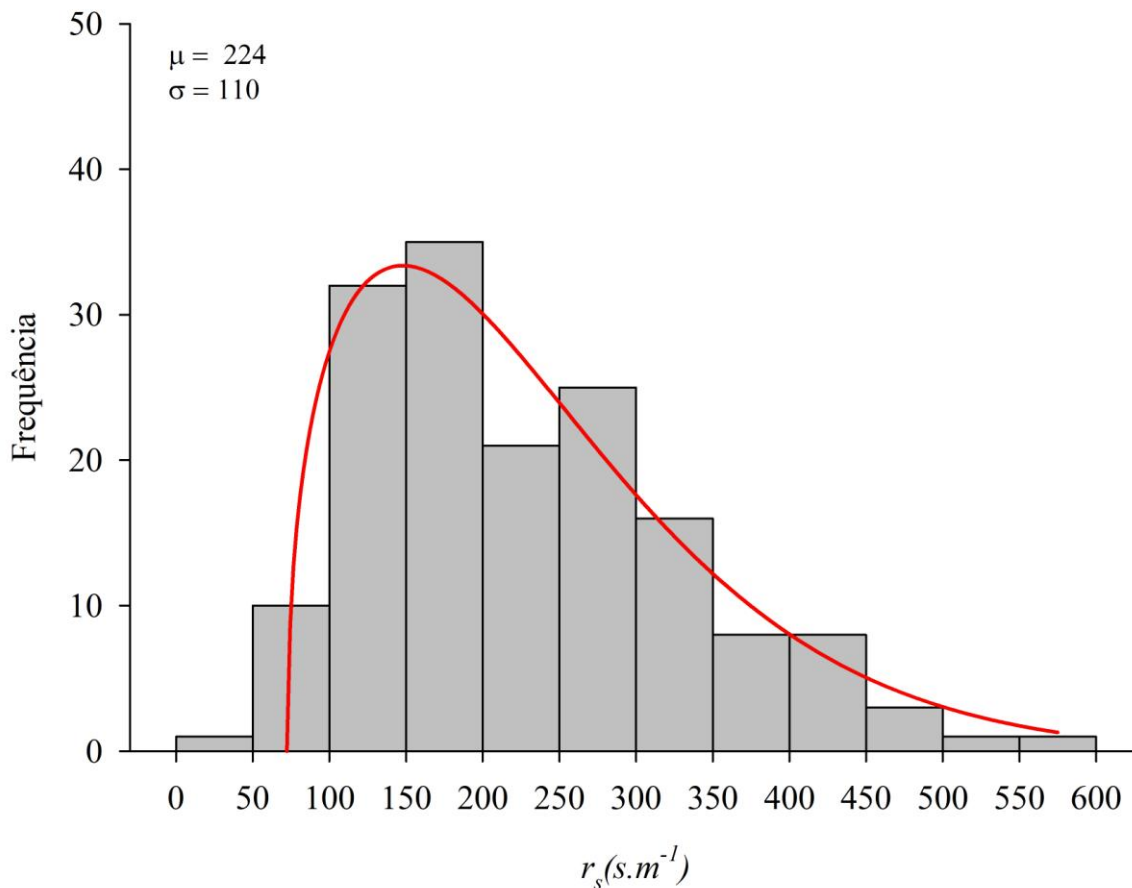


Figura 1. Distribuição de frequência da resistência a cobertura (r_s) para a grama considerando $\theta > 0,350 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ (μ = média; σ = desvio padrão).

O valor médio de r_s (224 s.m^{-1}) para a parametrização da equação de PM subestimou os valores de ETo (Figura 2E), assim como a parametrização usando a moda de r_s (170 s.m^{-1}) (Figura 2C). Entretanto para a $r_s = 170 \text{ s.m}^{-1}$ a subestimativa foi mais evidente a partir de valores de ETo superiores à 2 mm.d^{-1} . Uma terceira parametrização foi obtida a partir da otimização da Raiz Quadrada Média do Erro (RQME) utilizando o *Solver*. Para essa parametrização o ajuste foi bom, porém subestimou valores quando ETo foi maior que 5 mm.d^{-1} (Figura 2B). Considerando o coeficiente angular a parametrização para $r_s = 70 \text{ s.m}^{-1}$ foi a que obteve o melhor ajuste, mas foi o que teve menor R^2 , o que resultou em uma maior dispersão.

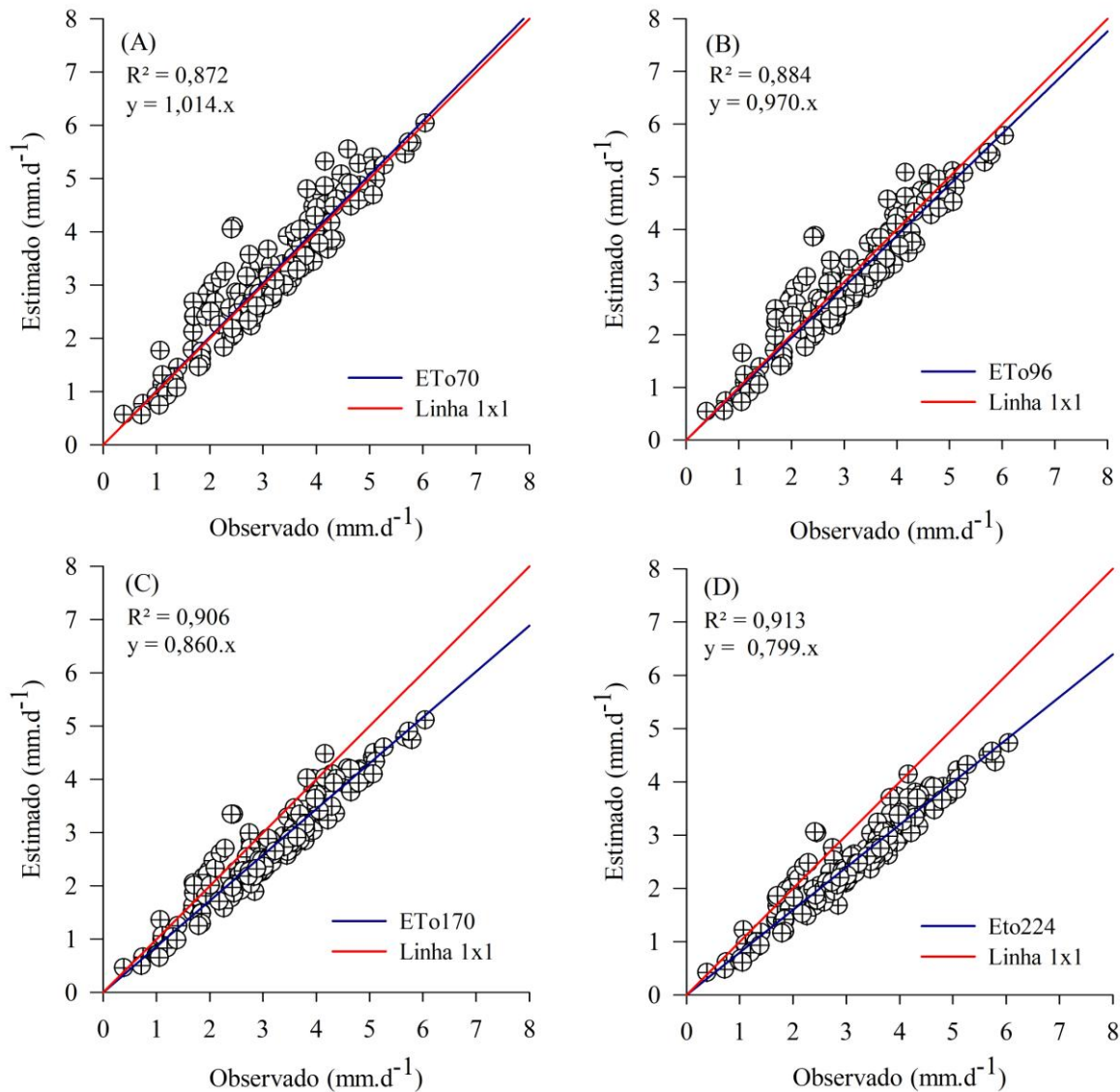


Figura 2. Dispersão entre valores observados de ETo (Razão de Bowen) e estimados para diferentes valores de r_s : (A) 70 s.m-1, (B) 96 s.m-1, (C) 170 s.m-1 e (D) 224 s.m-1.

O coeficiente angular entre a razão da evapotranspiração de referência para r_s (ETo70) e a ET_{bw} diminuiu conforme os valores de ETo70 aumentaram, esse padrão foi causado por uma maior dispersão dos dados no intervalo de $ETo70 < 2 \text{ mm.d}^{-1}$ (Figura 3A). O método ETo70, superou a evapotranspiração máxima ($ET_{Max} = (Rn-G)/2,45$) em 10,5 % dos dias avaliados, resultando em 17 dias dos 162 analisados. Mesmo assim, no geral, o ETo70 representou 86,3 % da ET_{Max} quando o conjunto de dados foi analisado sem critérios de intervalo (Figura 3B).

Os resultados por intervalos de ETo70, indicou que o método estimou valores superiores a energia disponível no sistema para os intervalos de ETo70 inferiores a 4 mm.d^{-1} (Figura 4). Para o intervalo $ETo70 < 2 \text{ mm.d}^{-1}$ o método superestimou aproximadamente 18 % , e 19% para o intervalo $2 \leq ETo70 < 4 \text{ mm.d}^{-1}$ (Tabela 1).

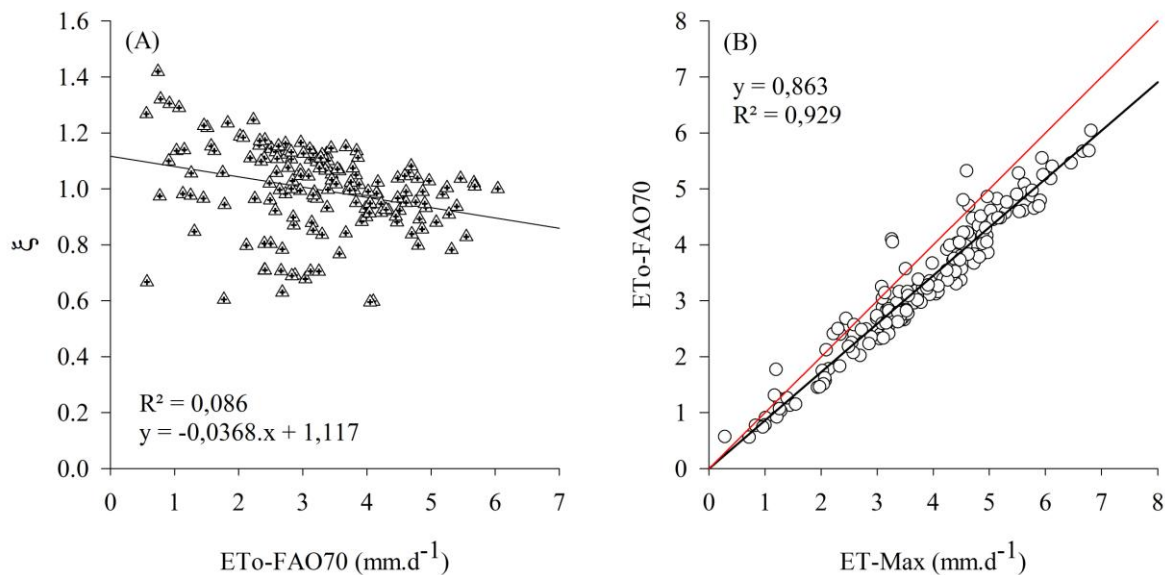


Figura 3. (A) Relação entre coeficiente angular da razão de: $\xi = ET_{bw} / ET_{070}$; (B) Relação entre a ET_0 calculada para $r_s = 70$ s.m-1 e a ET_0 máxima, calculada por $(R_n - G) / 2,45$.

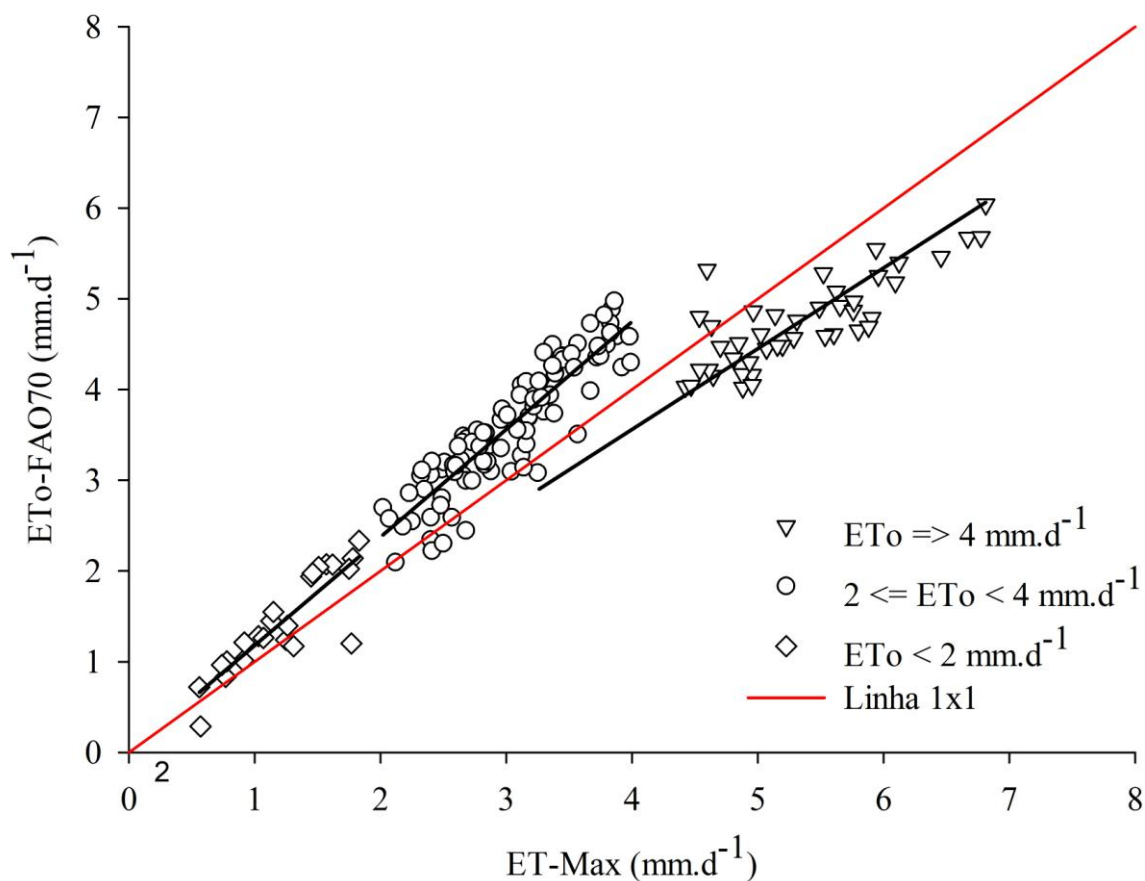


Figura 4. Análise de regressão para diferentes intervalos de $ET_0-FAO70$ em relação a evapotranspiração máxima do sistema ($ET-Max = (R_n - G) / 2,45$).

Tabela 2. Valores referentes a regressão da Figura 4 para os diferentes intervalos de ET_0 analisados.

Intervalo ET_0 ($mm.d^{-1}$)	Equação	R^2
$2 < ET_0$	$y = 1,178.x$	0,762

$2 \leq ETo < 4$	$y = 1,187.x$	0,810
$ETo \geq 4$	$y = 0,890.x$	0,337

Para os diferentes intervalos de ETo_{70} foi aplicado o *Solver*, com objetivo de encontrar o menor RQME para obter um valor de r_s ótimo. Observou-se que todos os valores de r_s otimizados são maiores que 70 s.m^{-1} e a maior diferença foi para o intervalo de $ETo_{70} < 2 \text{ mm.d}^{-1}$, com r_s de 167 s.m^{-1} , o que diminuiu a RQME em 31,81 % ($0,14 \text{ mm.d}^{-1}$). Em comparação com os dados medidos a campo, $r_s = 167 \text{ s.m}^{-1}$ foi próximo a moda obtida no conjunto de dados.

Tabela 3. Valores otimizados para diferentes intervalos de ETo_{70} medidos a partir da razão de Bowen. Os valores de r_s foram obtidos minimizando a RQME utilizando Solver.

Intervalo	$r_s \text{ (s.m}^{-1}\text{)}$	RQME* (mm.d^{-1})	RQME** (mm.d^{-1})
Sem Intervalo	96	0,40	0,43
$ETo_{70} < 2 \text{ mm.d}^{-1}$	167	0,30	0,44
$2 \text{ mm.d}^{-1} \leq ETo_{70} < 4 \text{ mm.d}^{-1}$	92	0,43	0,45
$ETo_{70} \geq 4 \text{ mm.d}^{-1}$	90	0,35	0,39

RQME* = menor RQME obtido usando *solver*; RQME** calculado usando $r_s = 70 \text{ s.m}^{-1}$

DISCUSSÃO

A partir dos dados medidos de r_s ficou evidente que houve uma grande variabilidade, tanto espacial quanto temporal nas medições de porometria, como destacam Angelocci et al (2004). Os valores obtidos de r_s , na maioria das medições, divergiram do valor de 70 s.m^{-1} , porém a parametrização com $r_s = 70 \text{ s.m}^{-1}$ ainda foi a recomendação adequada para estimativa de ETo para a escala diária. Porém quando se deseja estimar a ETo em escala horária, Allen et al., (2005) recomendação é utilizar $r_s = 50 \text{ s.m}^{-1}$ durante o dia e $r_s = 200 \text{ s.m}^{-1}$ durante o período noturno (ALLEN et al., 2005; PEREIRA et al., 2015). A variabilidade nas tendências de r_s de hora em hora entre os diferentes locais e datas torna difícil, se não impossível, estabelecer um algoritmo consistente para r_s (Allen et al., 2005).

Para a parametrização de $r_s = 70 \text{ s.m}^{-1}$ em alguns momentos houve uma inconsistência física nas estimativas de ETo_{70} , pois o método tem o balanço de energia como base física oriunda dos primeiros estudos desenvolvidos por Penman em 1948 (ALLEN et al., 1998). Assim, dado que a evapotranspiração máxima foi obtida por $(Rn-G)/2,45$, a ETo_{70} não deveria estimar valores superiores (Figura 3B e Figura 4). Essas inconsistências podem explicar em partes os questionamentos levantados em trabalhos relacionados ao uso do coeficiente de cultura (K_c) (SILVA et al., 2019; MARIN et al., 2016; SOBENKO et al., 2018).

O resultado da Figura 3A, mostrou que o coeficiente angular (ξ) diminui conforme a ETo_{70} aumenta. Considerando que o ξ é similar ao K_c , pode-se dizer que assim como a cana de açúcar, café e citros (MARIN et al., 2016), milho (Sobenko et al., 2018) e soja (SILVA et al., 2019) existe uma declividade na reta de tendência. O esperado era que ξ ficasse próximo a 1 e que a linha de tendência não tivesse nenhuma inclinação, uma vez que não deveria ter diferença entre as evapotranspirações, ETo_{70} e ET_{bw} , pois ambas as evapotranspirações são para um gramado. Essa declividade encontrada foi causada pela dispersão (Figura 3A) dos dados quando $ETo_{70} < 2 \text{ mm.d}^{-1}$.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

CONCLUSÃO

O valor de r_s obtido para a análise global, sem restrição de intervalo de ETo , foi 96 s.m^{-1} , sendo maior que o valor indicado pelo FAO56. Os valores de r_s obtidos a partir dos dados de r_1 medidos tiveram grande variação, em que a média (223 s.m^{-1}) e moda (170 s.m^{-1}) não tiveram um ajuste satisfatório ao estimar a ETo .

Os resultados mostraram que existe uma dispersão dos dados estimados pelo método da FAO56 quando a $ETo70$ é inferior a 2 mm.d^{-1} , evidenciando uma superestimativa (Figura 4) da $ETo70$. Essa dispersão justifica a tendência de queda para o ξ conforme o aumento da ETo , talvez isso explique a tendência de queda do Kc discutido em diversos trabalhos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ALLEN, R. G. et al. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ET o by the FAO56 Penman-Monteith method. 2005.

ANGELOCCI, L. R. et al. Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 53–64, abr. 2004.

SILVA, E. H. F. M. et al. Soybean irrigation requirements and canopy-atmosphere coupling in Southern Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 218, n. February, p. 1–7, 2019.

JARVIS, P. G.; MCNAUGHTON, K. G. Stomatal control of transpiration: scaling up from leaf to region. **Advances in ecological research**, v. 15, p. 1–49, 1986.

MARIN, F. R. et al. EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION REQUIREMENTS OF A COFFEE BREAK PLANTATION IN SOUTHERN BRAZIL. **Experimental Agriculture**, v. 41, n. 2, p. 187–197, 2005.

MARIN, F. R. et al. Crop coefficient changes with reference evapotranspiration for highly canopy-atmosphere coupled crops. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 139–145, 2016.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R. Irrigation requirements and transpiration coupling to the atmosphere of a citrus orchard in Southern Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 6, p. 1091–1096, abr. 2011.

PENMAN, H. L. **Natural evaporation from open water, bare soil and grass**. Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. **Anais...The Royal Society**, 1948

PEREIRA, L. S. et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 4–20, jan. 2015.

PEREZ, P. J. et al. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 97, p. 141–150, 1999.

RIGHI, E. Z. **Balço de energia e evapotranspiração de cafezal adensado em crescimento sob irrigação localizada**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 28 jan. 2004.

SOBENKO, L. R. et al. Irrigation Requirements Are Lower Than Those Usually Prescribed for a Maize Crop in Southern Brazil. **Experimental Agriculture**, p. 1–10, 2018.

USO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTES NA CULTURA DO PIMENTÃO E SUA INFLUÊNCIA RESIDUAL SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

JULIANA CARLA CARVALHO DOS SANTOS¹; Leandro Caixeta Salomão¹; Wildes Antonio da Silva Junior¹; Fernando Soares de Cantuário¹

Autor para correspondência: julianacarvalho.engagricola@gmail.com

¹Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí

RESUMO

A água é fundamental para o desenvolvimento das culturas agrícolas, certo que é um recurso natural esgotável é necessário a implementação de tecnologias que minimizem seu desperdício. Uma das alternativas encontradas além do manejo de irrigação adequado é o uso de polímeros hidrorretentes (hidrogel). O experimento foi conduzido em ambiente protegido, o delineamento experimental adotado foi delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro níveis de irrigação por gotejamento (reposição de 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura - ETc) e nas subparcelas foram quatro doses de hidrogel (0, 1, 2 e 3 gramas por planta) com quatro repetições. Objetivou-se avaliar efeitos residuais do uso de polímeros hidrorretentes sobre as propriedades físicas do solo, na pós colheita com a cultura do pimentão, analisando umidade gravimétrica e volumétrica, densidade do solo e de partículas, porosidade total e porosidade livre de água. Constatou-se que, a densidade do solo abaixa quando aumenta a dose de polímeros hidrorretentes. A umidade gravimétrica em função das diferentes lâminas mostrou maior eficiência no tratamento com 75% da reposição de água no solo e em função das diferentes doses percebeu-se que houve um crescimento linear da umidade conforme o aumento das doses de hidrogel. Após 140 dias da aplicação das doses de polímeros hidrorretentes, os resultados apresentados mostram sua eficiência sobre a umidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogel; Umidade do Solo; Densidade do Solo

USE OF HYDRORETIC POLYMERS IN CHILLI CULTURE AND ITS RESIDUAL INFLUENCE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

ABSTRACT

Water is fundamental for the development of agricultural crops, as it is a natural resource that is exhausting and it is necessary to implement technologies that minimize its use. One of the operations located beyond irrigation management is the use of hydrophobic polymers (hydrogel). The experiment was carried out in a protected environment. The experimental design was a split plot design with four levels of drip irrigation (50%, 75%, 100% and 125% replacement of crop evapotranspiration - ETc). The subplots were four hydrogel doses (0, 1, 2 and 3 grams per plant) with four replicates. The objective was to have properties with hydroretic polymers on the physical properties of the soil, in the postharvest with the pepper crop, analyzing the densities and volumetric, the density of the soil and the particles, total and free of water. It was found that a density of only one dose of hydro-retaining polymers. The gravimetric moisture content of the most efficient grape samples was not processed with 75% of the water replacement without the soil and in function of the different doses observed, which were a linear growth according to the increase of the hydrogel doses. After 140 days of application of the hydroreceptor polymer doses, the results obtained show its efficacy on soil soil.

KEY-WORDS: Hydrogel; Soil Moisture; Soil Density.

INTRODUÇÃO

A água é um insumo agrícola fundamental para a manutenção do meio ambiente, além do crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas, como é o caso do pimentão. Em detrimento as mudanças climáticas e ao uso irracional, os recursos hídricos tornou-se uma preocupação para os agricultores, que tem buscado cada vez mais implantar tecnologias visando minimizar seu desperdício e resultar em uma maior eficiência na irrigação com um custo menor (URBANO, 2013; EGEA et al., 2017). Além do manejo adequado na hora de irrigar, outra tecnologia que vem sendo estudada é a utilização de polímeros hidrorretentores, comumente conhecidos como hidrogéis, que pode diminuir o uso e/ou potencializar a utilização do recurso hídrico (GUIMARÃES et al., 2018).

O uso de polímeros hidrorretentores, passou a ser pesquisado para atenuar esses problemas de baixa produtividade, presente por conta da má distribuição hídrica ou da falta dela e da irregularidade na estruturação do solo (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009). Quando adicionado no solo retém água disponível, evitando lixiviação e percolação de nutrientes, melhorando a aeração e drenagem do solo e fazendo com que a planta desenvolva mais rápido seu sistema radicular e sua parte aérea (VLACH, 1991; HENDERSON & HENSLEY, 1986; LAMONT & O'CONNELL, 1987). De acordo com Marques et al. (2013) os polímeros são capazes de reter de 150 a 400 vezes a sua massa em água, aumentando seu volume em até 100 vezes e segundo Navroski et al. (2015) ao ser adicionado ao solo, o hidrogel atua em diversos fatores do solo e do manejo, tais como: pH, irrigação, salinidade da solução, umidade, temperatura.

Narjary et al. (2012) sugerem o uso do hidrogel em cultivos de hortaliças, especialmente em solos arenosos, pois a água disponível para as plantas cultivadas em solos tratados com polímero aumentou 1,5-2 vezes sobre a água disponível para as plantas cultivadas em solos não tratados com gel, sendo suficiente por até 22 dias, enquanto em solos mais argilosos foi suficiente por sete dias. Mendonça et al. (2013) testaram diferentes doses de hidrogel em Latossolo Vermelho distrófico (em vasos), e obtiveram aumento na capacidade de armazenamento de água. O tratamento de 4 g por vaso (8L) aumentou em 12% a capacidade de armazenamento da água no solo em relação à testemunha, enquanto que, aplicando o dobro do produto (8 g por vaso), o acréscimo em relação à testemunha foi de 13%.

Embora sejam apresentados os benefícios do uso de polímeros hidrorretentores, as informações concretas a respeito do emprego desta tecnologia junto a cultura do pimentão e a existência ou não de resíduos no solo ainda são escassas na literatura, havendo a necessidade do desenvolvimento de novas pesquisas sobre o referido tema.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a relação de dosagens de polímeros hidrorretentores (hidrogel) com diferentes lâminas de irrigação, observando se teria interferência residual nas propriedades físicas do solo (densidade do solo e de partículas, umidade gravimétrica, umidade volumétrica, porosidade total e porosidade livre de água) em pós colheita na cultura do pimentão.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido situado no setor de Olericultura Experimental do Instituto Federal Goiano (IF Goiano) (Figura 1), Campus Urutaí, Fazenda Palmital. O solo utilizado foi classificado por Santos (2013) como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico com textura franco arenosa. Para a obtenção da análise química do solo, foram coletadas seis amostras de solo, que foram homogeneizadas, dando origem a uma amostra composta representativa.

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados – DBC com esquema fatorial 4x4, sendo quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% demanda evapotranspirométrica) e quatro doses de hidrogel (0, 1, 2 3 g) totalizando 16 tratamentos e quatro repetições. Utilizou-se vasos plásticos de 14 litros, onde

adicionou o solo e a solução do hidrogel, que foi preparado de acordo com a recomendação do fabricante, sendo 50g do hidrogel hidroterralgel para 10 litros de água, deixando em repouso por um período de 10 minutos. Após o período de repouso, foi aberto sulcos de aproximadamente 15 cm depositando as respectivas doses de hidrogel, cobriu-se o material com uma porção de solo, e assim, adicionado aos sulcos as mudas de pimentão.

Um sistema de irrigação localizada por gotejamento foi utilizado, onde cada linha de plantio recebeu uma linha lateral de irrigação de 16 mm de diâmetro, com emissores espaçados entre si a 0,80 m. A vazão dos emissores era de 2 L h⁻¹ e trabalhou com pressão de serviço de 10 mca. O sistema de bombeamento foi composto por conjunto motobomba de 0,5 cv. Este sistema de bombeamento foi responsável pelo fornecimento de água e fertilizantes ao sistema de irrigação. Logo após o sistema de bombeamento foi instalado um filtro de disco de 120 mesh, registros e manômetros para aferição da pressão do sistema de irrigação.

O manejo da irrigação foi realizado através da demanda evapotranspirométrica da cultura do pimentão, sendo utilizado um tanque evaporímetro com altura de 24 cm e 52 cm de diâmetro, colocado no centro do ambiente protegido, sendo instalado sobre estrado de madeira pintado de branco a 15 cm do solo, com a finalidade de evitar trocas energéticas com o solo, o que pode aquecer a massa líquida e interferir na evaporação.

A coleta do solo para a realização das análises foi realizada no dia 05 de novembro de 2018 com base na metodologia de Cantarutti et al. (1999) e Moreira, (2012). Coletou amostras de solo indeformadas de cada vaso, utilizando um trado e anéis volumétricos com formato cilíndrico, em aço inoxidável, com as dimensões de 49 mm diâmetro interno, 53 mm de comprimento e 1 mm de espessura com volume de 99,95 cm³. Avaliou-se umidade gravimétrica e volumétrica, densidade do solo ou global, densidade de partículas, porosidade total e porosidade livre de água.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, sendo testado as pressuposições (normalidade e homogeneidade), pelos testes de Shapiro e Barlett, visto que, tais atendem as exigências deste trabalho. Além disso, aplicou-se o teste de média para comparações múltiplas, sendo estes escolhidos através do valor do CV de variação. Programa utilizado para estatística foi o (R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Shaviv (2001) e Suave et al. (2006) a presença de hidrogel modifica propriedades físico-químicas adversas do solo. No presente trabalho as variáveis físicas do solo analisadas (umidade volumétrica, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e porosidade total livre de água) não apresentaram interações entre lâminas de irrigação e doses de hidrogel, avaliados separadamente também não houveram diferenças significativas entre as medias.

Na tabela 1 foi usado o desvio padrão para análise dos dados em função da pequena variação das médias, os resultados encontrados dos tratamentos em função das doses de hidrogel sobre a densidade do solo mostra uma tendência de quando há o aumento da dose de hidrogel a densidade do solo abaixa, sendo que a dose ótima nesse caso é de aproximadamente de 0.01.

Tabela 1- Desvio padrão dos tratamentos em função das doses de hidrogel

Dose (g)	θ volumétrica (cm ³ .cm ⁻³)	Densidade do solo (g/cm ³)	Densidade de partículas(g/cm ³)	PT (cm ³ /cm ³)	PLA (cm ³ /cm ³)
0	0.02	0.03	0.09	0.02	0.03
1	0.01	0.03	0.1	0.02	0.02

2	0.04	0.04	0.11	0.02	0.07
3	0.03	0.07	0.05	0.03	0.06

Fonte: Silva junior (2018).

Segundo Bicalho (2011) a densidade de partículas é um atributo estático, considerando-se que mudanças só seriam perceptíveis em um tempo bastante considerável. Por sua vez, a densidade do solo é um atributo que varia com o tempo (por processos naturais de adensamento) e, ou, com práticas de manejo.

No gráfico abaixo, pode-se observar a densidade do solo em cada dose, podendo inferir que quando aumenta a dose de hidrogel a densidade do solo está abaixando. De maneira geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação e a estrutura degradada, menor sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento do sistema radicular e desenvolvimento das plantas.

Já os dados de umidade não tiveram interações entre as doses de hidrogel e as lâminas de água. Quando analisados separadamente houve significância entre as médias para a umidade gravimétrica e também para as lâminas de água. Na medida que aumenta, conseqüentemente obtém-se um aumento da umidade gravimétrica, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2- Tabela da umidade gravimétrica em função das diferentes lâminas e doses de hidrogel

Lâmina(%)	Umidade gravimétrica (g/g)	Dose (g)	Umidade Gravimétrica (g/g)
125	0.292 d	0	0.328 a
100	0.313 c	1	0.332 a
75	0.335 b	2	0.327 a
50	0.353 a	3	0.306 b
CV%	3.45	CV%	3.45
P- Valor	<0.01	P- Valor	<0.01

Fonte: Silva junior (2018).

Na tabela 3, essa constatação é óbvia de se analisar, aumento da lâmina de água (quantidade de água aplicada na reposição da irrigação) aumento da umidade, mais água mais umidade do solo. Ressaltando que o melhor tratamento neste trabalho é a lâmina de 75% da reposição da água de irrigação, onde haverá o menor consumo de água e energia.

Tabela 3- Tabela da umidade gravimétrica em função das diferentes lâminas

Lâmina (%)	Umidade gravimétrica (g/g)
125	0.328 a

100	0.332 a
75	0.327 a
50	0.306 b
CV%	3.45
P- Valor	<0.01

Fonte: Silva junior (2018).

No presente trabalho as amostras de solo para análise dos resultados foram retiradas após 140 dias da aplicação das doses de hidrogel, os resultados apresentados mostram a eficiência do hidrogel nesse intervalo de tempo.

Segundo Azevedo et al. (2002), os polímeros hidrorretentores funcionam como uma alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que a baixa umidade do solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A umidade gravimétrica em função das diferentes lâminas mostrou maior eficiência no tratamento com 75% da reposição de água no solo.

A umidade gravimétrica em função das diferentes doses de hidrogel evidenciou a influência do produto nas diferentes dosagens utilizadas, onde houve um crescimento linear da umidade conforme o aumento das doses de hidrogel.

Após 140 dias da aplicação das doses de hidrogel, os resultados apresentados mostram a eficiência do hidrogel sobre a umidade do solo.

Quando aumenta as doses de hidrogel a densidade do solo tende a abaixar.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. et al. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, p. 671-679, 2009.

BICALHO, I. M. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; p. 3, 2011.

CANTARUTTI, R. B.; ALVARES VENEGAS, V. H.; RIBEIRO, A. C. Amostragem de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES VENEGAS, V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 13-20.

GUIMARÃES, J.J.; SALOMÃO, L. C.; SILVA, W. R.; OLIVEIRA, H. F. E.; PEREIRA, D. R. M.; OLIVEIRA, M. H. R. Análise de custos e desempenho agrônômico na produção de alface submetida a níveis de irrigação e uso de hidrorretentor. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 55-70, Edição Especial 30 anos PG Irriga, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2018v1n1p55-70>.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, Campina Grande-PB, v.2, n.2, p.87-92, 2013.

NARJARY, B. et al., Water availability in different soils in relation to hydrogel application. *Geoderma*. v. 187-188, p. 94-101, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SHAVIV, A. Advances in controlled release fertilizers. *Advance Agronomic*, n.71, p.1-49, 2001.

SUAVE, J. et al. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, v. 7, n. 2, dez. 2006.

URBANO, V. R. **Aplicação de água de reuso tratada no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2013.

VLACH, T.R. Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens (on line). Wisconsin, Aug. 1991. [cited nov. 1998]. Disponível em: <http://kimberly.ars.usda.gov>.

CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E TEOR DE UMIDADE DO SOLO EM PLANTIO DE AÇAIZEIRO EM CASTANHAL, PARÁ

MATHEUS YAN FREITAS SILVA¹; BIANCA NUNES DOS SANTOS¹; VANDEILSON BELFORT MOURA²; AUGUSTO JOSÉ SILVA PEDROSO³; CARMEN GRASIELA DIAS MARTINS¹

Autor para correspondência: matheus.yan.silva@gmail.com

¹UFRA; ²ADEPARÁ; ³IFPA

RESUMO

A água no solo é essencial para o desenvolvimento e desempenho das funções metabólicas das plantas. O teor de umidade do solo sofre variação ao longo do tempo e as variáveis climáticas podem influenciar nesse comportamento. O objetivo foi avaliar a correlação do teor de umidade do solo com as variáveis climáticas. O experimento foi conduzido no município de Castanhal-PA nos meses de abril e maio de 2019. Foram utilizados sensores de clima instalados em uma torre micrometeorológica para avaliação das variáveis climáticas e os dados de clima foram coletados em um *datalogger* que realizava leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 20 minutos. Foram utilizados oito tensiômetros na profundidade de 0,1 m e as tensões foram coletadas uma vez ao dia utilizando tensímetro digital, sendo o teor de umidade determinado pelo modelo ajustado de Van Genuchten. O teor de umidade apresenta correlação com umidade relativa do ar (0,78), déficit de pressão de vapor (-0,79), temperatura do ar (-0,69) e temperatura do solo (-0,46).

PALAVRAS-CHAVE: Microclima; Água no solo; Tensiometria

CORRELATION BETWEEN CLIMATE VARIABLES AND SOIL MOISTURE CONTENT IN AÇAÍ PLANT IN CASTANHAL, PARÁ

ABSTRACT

Soil water is essential for the development and performance of plant metabolic functions. Soil moisture content varies over time and climatic variables can influence this behavior. The objective was to evaluate the correlation of soil moisture content with climatic variables. The experiment was conducted in the municipality of Castanhal-PA in the months of April and May 2019. Climatic sensors installed in a micrometeorological tower were used to evaluate the climatic variables and the climate data were collected in a datalogger that performed readings every 10 seconds and recording the averages every 20 minutes. Eight tensiometers were used at a depth of 0.1 m and tensions were collected once daily using a digital tensiometer, and the moisture content was determined by the Van Genuchten adjusted model. The moisture content was correlated with relative humidity (0.78), vapor pressure deficit (-0.79), air temperature (-0.69) and soil temperature (-0.46).

KEY-WORDS: Microclimate; Water in soil; Tensiometer

INTRODUÇÃO

O teor de umidade do solo tem extrema importância para o fornecimento de informações, destinadas a resolver problemas relacionados com a determinação do consumo hídrico, manejo da irrigação, época de

semeadura, processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera, além de ser imprescindível no planejamento dos sistemas de irrigação e drenagem (QUINTINO et al., 2015).

Quando os vegetais não são cultivados por meio hidropônico, a principal fonte de água encontra-se no solo. Para que as plantas possam realizar os mecanismos metabólicos, é preciso da água que permitirá o transporte de nutrientes para as raízes (TAIZ & ZEIGGER, 2017). O conteúdo de água no solo é uma variável que pode ser influenciado pela chuva, irrigação, drenagem ou pela evaporação das culturas e suas práticas de manejo, que irão mudar em relação ao tempo (SOUZA et al., 2016).

A ausência de chuvas, combinado com temperaturas elevadas gera rápidas reduções no teor de umidade do solo e conseqüentemente o surgimento de condições de seca (MO & LETTENMAIER, 2015). Outro elemento importante é o déficit de pressão de vapor que é a diferença entre a pressão exercida pela quantidade de vapor d'água existente no ar e a pressão máxima que pode ser alcançada, tendo relação direta com os processos de evaporação (VIEIRA, 2009).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Correlacionar as variáveis climáticas com o teor de umidade do solo em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, estado do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento ocorreu no período entre os dias 01/04/2019 e 25/05/2019 perfazendo 55 dias. A condução foi realizada em um plantio comercial de açaí (0,30 ha), no município de Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W). O clima da região é do tipo Am, de acordo com Alvares et al. (2014). A classificação do solo é Latossolo Amarelo Distrófico com textura franca arenosa (SANTOS et al., 2018).

Na área de estudo foi instalado uma torre micrometeorológica de 14 m, onde foram instalados sensores de precipitação (TB4), temperatura e umidade do ar e temperatura do solo. Estes foram conectados a um *datalogger* (CR1000, *Campbell Scientific*) que realizava leituras a cada 10 segundos e gravação das médias e totais a cada 20 minutos. Os valores de DPV (déficit de pressão de vapor) foram estimados de acordo com a metodologia de Tetens (1930). Para a determinação do teor de umidade do solo na camada de 10 cm, foram utilizados 8 tensiômetros de punção. Foram coletadas 3 tensões a cada dia com o uso de um tensímetro digital e o potencial matricial foi estipulado pela equação 1.

$$\psi_m = (Z + h_1 - L) 0,0981 \quad (1)$$

Sendo: Z = distância entre a cápsula porosa e a superfície do solo, cm; h_1 = altura de água acima da superfície no tensiômetro, cm; L = leitura no tensímetro (cca).

A curva de retenção para a profundidade de 0-20 cm foi obtida pela umidade do solo entre as tensões de 0 a 1500 kPa, os quais foram ajustados por meio do modelo de Van Genuchten (1980), conforme equação 2.

$$\theta = \theta_r + \{ \theta_s - \theta_r / [1 + (\alpha |\psi_m|)^n]^m \} \quad (2)$$

Com $m = 1 - 1/n$ (MUALEM, 1976), sendo θ a umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$); θ_r e θ_s são, respectivamente, as umidades residual e de saturação ($m^3 m^{-3}$); ψ_m o potencial mátrico (kPa); α e n são parâmetros do modelo. Os parâmetros θ_r , n e α foram obtidos por meio da ferramenta Solver da planilha eletrônica Excel, ao passo que o parâmetro θ_s foi determinado por meio da pesagem direta da amostra do solo saturado. Os dados foram analisados por estatística descritiva e correlação de Pearson e classificados de acordo com Dancey & Reidy (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos meses de abril e maio as precipitações foram de 320 mm e 278 mm, obtendo máxima no dia 7 de maio (56 mm), totalizando 528 mm no período de análise. A temperatura média do ar foi 25,49 ($\pm 0,6$) °C, com máxima de 26,82 °C e mínima de 24,05 °C. A temperatura do solo teve média de 26,17 ($\pm 0,24$) °C, obtendo valores máximo de 26,63 °C e mínimo de 25,4 °C. A umidade relativa do ar teve média de 92,7% ($\pm 2,51$ %), e máxima de 97,55% e mínimo de 85,68%. A média do DPV foi 0,27 ($\pm 0,1$) kPa com máximo e mínimo de 0,55 kPa e 0,07 kPa (Figura 1).

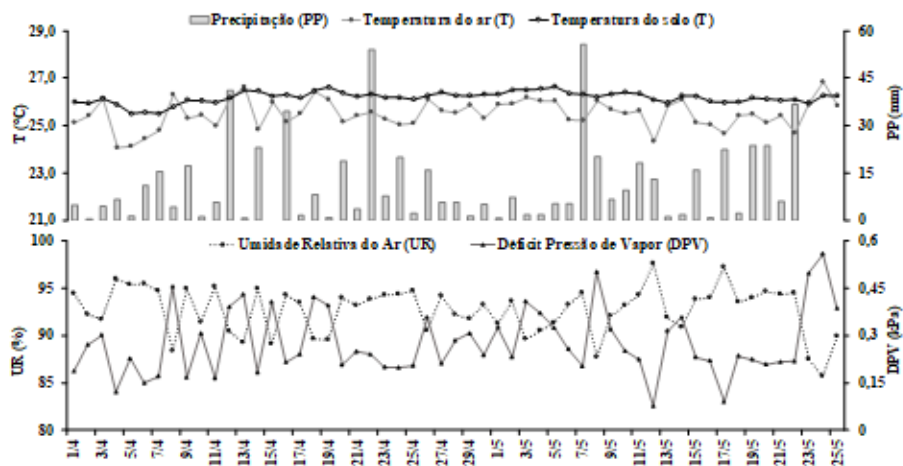


Figura 1: Variáveis climáticas entre os meses de abril e maio em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, Pará.

O teor de umidade do solo foi 0,438 ($\pm 0,001$) $m^3 m^{-3}$, com máxima de 0,440 m^3/m^3 e mínima de 0,434 $m^3 m^{-3}$ registrados no dia 08 de maio e 25 de maio (figura 2). O valor máximo está relacionada com a precipitação do dia anterior que foi 55,62 mm, configurando a maior precipitação registrada no período avaliado. O valor de mínimo está associado também com a precipitação que não teve registros nos dois dias anteriores a avaliação.

Em geral, todos os elementos climáticos apresentaram correlação significativa com o teor de água no solo, exceto precipitação (Tabela 1). Na correlação das variáveis climáticas, apenas temperatura do solo foi médio, enquanto que os demais tiveram relação forte. A interação entre teor de umidade do solo e umidade relativa foi direta (0,784) e o restante apresentaram relação inversa. Resultados semelhantes foram observados por Delgado et al. (2017), apresentado alta correlação da temperatura do ar com o DPV (0,72) em cultivo protegido de alface.

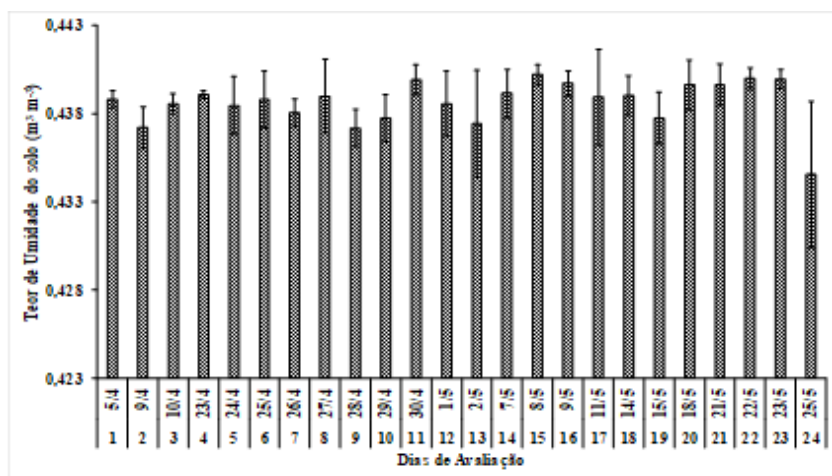


Figura 2: Teor de umidade do solo na profundidade de 10 cm em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, Pará.

Tabela 1: Matriz de correlação de *Pearson* entre variáveis climáticas e teor de umidade do solo em um plantio comercial de açaizeiro em Castanhal, Pará.

	PP (mm)	T Solo (°C)	T Ar (°C)	UR (%)	DPV (kPa)	θ (m ³ m ⁻³)
PP (mm)						
T Solo (°C)	0,059 ^{ns}					
T Ar (°C)	0,106 ^{ns}	0,707**				
UR (%)	0,014 ^{ns}	-0,266 ^{ns}	-0,650**			
DPV (kPa)	-0,017 ^{ns}	0,285 ^{ns}	0,670**	-0,999**		
θ (m ³ m ⁻³)	0,192 ^{ns}	-0,460*	-0,694**	0,784**	-0,792**	

Ns – não significativo; * - significativo ($p < 0,05$); ** - significativo ($p < 0,01$).

A precipitação não teve significância devido aos dados serem horários, e o período escolhido para análise ser considerado chuvoso, logo não haverá variação da pluviosidade na umidade do solo pois o mesmo estará saturado. Uma avaliação em período seco, irá refletir melhor a relação de precipitação com o teor de umidade do solo.

A temperatura do ar, umidade relativa do ar e o DPV são variáveis que interferem para a retirada de água da atmosfera e consequentemente interfere no teor de umidade do solo pela retirada de água por processos físicos e fisiológicos. Chaves et al. (2016) observou grande influência das condições climáticas sobre as trocas gasosas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O valor médio de teor de umidade de água é 0,438 ($\pm 0,001$) m³ m⁻³ nos meses de abril e maio. O maior valor de correlação entre as variáveis climáticas e o teor de umidade do solo é o déficit de pressão de vapor (DPV) que foi -0,792. Em contrapartida, não houve correlação entre os valores de teor de umidade do solo e precipitação em função da umidade do solo estar próximo do ponto de saturação.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

CHAVES, A. R. de M.; SILVA, D. J.; AIDAR, S. de T.; SANTOS, L. M.; PRADO, K. A.; COSTA, B. R. S. Potassium doses on the ecophysiological characteristics of 'Syrah' grapevine grown at São Francisco River Valley, Brazil. *Comunicata Scientiae*, v. 7, n. 3, p. 362-371, 2016.

DELGADO, M. T.; HERRERA, F. C. M.; LUNA, J. J. Q.; VILLALOBOS, S. G.; POMA, R. R. C. Temperatura foliar de la lechuga (*Lactuca sativa*) y aire influenciada por el déficit de presión de vapor. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, v. 4, n. 1, p. 60-66, 2017.

MO, K. C.; LETTENMAIER, Dennis P. Heat wave flash droughts in decline. **Geophysical Research Letters**, v. 42, n. 8, p. 2823-2829, 2015.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

QUINTINO, A. C.; ANDRADE, P. J.; SILVA, T. J.; CANEPPELE, M. A.; ABREU, J. G. Métodos de determinação de umidade nos solos de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, p. 2202- 2213, 2015.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema de classificação de solos**. 5. ed. rev ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SOUZA, C. F.; SILVA, C. R. da; JÚNIOR, A. S. de A.; COELHO, E. F. Monitoramento do teor de água no solo em tempo real com as técnicas de TDR e FDR. **Irriga**, v. Edição Esp, n. Irrigação, p. 26–42, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p. 2017.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VIEIRA, L. **Meteorologia e climatologia agrícola: notas de aula**. 2009. Disponível em:<<http://www.dea.uem.br/disciplinas/meteorologia/meteorologiaagricola.pdf>>. Acesso em 13 de junho de 2019.

ESTIMATIVA DE ALBEDO EM COBERTURA DE AÇAIZEIRO NOS MUNICÍPIOS PARAENSES CASTANHAL E CAPITÃO POÇO

Adrielle Carvalho Monteiro¹; Bruno Gama Ferreira¹; Larissa Ranielle da Silva Parente¹; Ewelyn Regina Rocha Silva¹; Denis de Pinho Souza¹
Autor para correspondência: adricarvmonteiro@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

O açaí, é um fruto nativo da região amazônica de importância econômica para a região, de enorme potencial de comercialização, com isso, estudos como a estimativa do albedo se faz necessário, já que é importante parâmetro no sistema solo-planta-atmosfera. O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade do albedo de áreas cobertas por açaizeiro nos municípios de Castanhal e Capitão Poço, pertencentes a região nordeste do estado do Pará. Para tanto, foi instalada uma torre micrometeorológica no centro das duas áreas de BRS-PA para a estimativa de albedo e de precipitação. Foram avaliados os meses de agosto a dezembro de 2018. Os dados mostraram os valores médios de albedo, sendo este influenciado pela precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Euterpe oleracea; Fluxo de energia; Microclima

ESTIMATION OF ALBEDO IN AÇAIZEIRO COVERAGE IN THE MUNICIPALITIES OF PARÁ CASTANHAL AND CAPITÃO POÇO

ABSTRACT

The acai berry is a fruit native to the Amazon region of economic importance to the region, of enormous potential of marketing studies, the estimate of the albedo is necessary, since it is important parameter in soil-plant-atmosphere system. The objective of this work was to evaluate the variability of albedo of areas covered by açaizeiro in the municipalities of Castanhal and Capitão Poço, belonging to the northeastern region of the State of Pará. It was installed a micrometeorológica Tower in the center of the two areas of BRS-PA for the estimation of albedo and precipitation. We evaluated the months of August to December 2018. The data showed the average albedo values, being influenced by precipitation.

KEY-WORDS: Euterpe oleracea; Energy flow; Microclimate

INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é caracterizada pela sua alta diversidade biológica (SODRE, 2005) e adaptações de várias espécies. Com a expansão do mercado de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), o plantio está cada vez mais presente em áreas de terra firme, além do manejo de áreas de várzea, o que demonstra o grande interesse no crescimento das áreas de cultivo desta cultura (HOMMA, 2006). Segundo os dados do IBGE (2017), em termos nacional e de grandes regiões, o Pará representa a primeira colocação em maior produção da cultura na forma de fruto e apresenta o maior quantitativo de estabelecimentos.

Com o atual avanço da tecnologia, estimar parâmetros meteorológicos a fim de que haja um planejamento e uma previsão de safras se tornou indispensável em propriedades que desejam obter o máximo de lucro. O albedo da superfície é um indicador fundamental na determinação da magnitude dos fluxos de energia e radiação na interface solo-planta-atmosfera (LIMA et al., 2009), que por sua vez podem afetar em parâmetros como temperatura, evaporação, transpiração e também na produtividade primária bruta (PEREIRA et al., 2007).

O albedo é conceituado como a razão entre a radiação solar refletida por determinada superfície e a radiação incidente (MACHADO, 2012). Logo, a sua quantificação se torna importante, principalmente em culturas de forte valor econômico e que estão em constante expansão, como o açaí.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da variabilidade do albedo de áreas cobertas por açaizeiro nos municípios de Castanhal e Capitão Poço, pertencentes a região nordeste do estado do Pará, no período de agosto a dezembro de 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em duas áreas com cultivo de açaizeiro, uma localizada em plantio comercial (01° 17' S; 47°55' W), nas proximidades da Fazenda Escola de Castanhal (FEC) possuindo 1,02 ha, e outra área situada no sítio experimental da Fazenda Ornela, município de Capitão Poço/PA (01°43'41,88" S; 47°6'23,64" O), possuindo cerca de 100 ha de plantio da cultura.

A cultivar da cultura utilizada, em ambas as localidades, foi a BRS-PA com idade de plantio referente a área, situada no município de Castanhal de 8 anos espaçamento de 4x4, enquanto a área localizada em Capitão Poço possui idade de sete anos com espaçamento de 4x6.

No centro da área foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com sensores de chuva, por meio do pluviômetro e de radiação, com pirômetros posicionados a 2 m acima do dossel, para cima e para baixo, com a finalidade de medir radiação incidente e a refletida. Para o registro desses dados foi utilizado um *Datalogger*, em que foi programado para leituras de 10 em 10 segundos e armazenamento de médias a cada 20 minutos.

A estimativa do albedo foi quantificada pela equação 1:

Eq. (115)

(1)

Onde, α = albedo (%); R_r = radiação refletida ($W m^{-2} dia^{-1}$); e R_g = radiação solar incidente ($W m^{-2} dia^{-1}$).

Os valores estimados foram analisados através de estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O albedo médio total referente a área de Castanhal foi de 18,56% de agosto a dezembro, sendo que o seu valor máximo ocorreu no mês de setembro, 22,42% (dia juliano 224 a 273), já o valor mínimo foi no mês de novembro com 13,44 % (dia juliano 305 a 334) (Figura 1 e 2). Em estudos de Souza et al. (2009), foi encontrado o albedo para a cultura da soja, variando de 14,83-23,31% dependendo do seu estágio fenológico, nas áreas do açaí não foram considerados os estágios da cultura.

Na área de Capitão Poço a média total foi de 14,40% no mesmo período, sendo que sua taxa máxima foi de 15,85% no mês de novembro e a mínima foi de 12,62% no mês de agosto (dia juliano 213 a 243) (Figura 1 e 2). Valores aproximados são encontrados nos estudos de Américo et al. (2015), no qual o albedo para as culturas como seringueira e citros são de 9-11%, podendo variar de 13-14% quando inclusos também áreas de pastagens e áreas de áreas de preservação permanente (APP).

Figura 1: Albedo referente as áreas de Castanhal (CA) e de Capitão-Poço (CP) em meses.

Figura 2: Albedo referente as áreas de Castanhal (CA) e de Capitão-Poço (CP) em dia juliano.

Medidas de precipitação também foram realizadas e usadas nas análises, já que se relaciona ao albedo devido a incidência de nuvens, influenciando na radiação solar incidente. A precipitação média de agosto a dezembro no município de Castanhal foi de 5,43 mm enquanto em Capitão Poço o valor foi de 3,67 mm. A precipitação máxima ocorreu no mês de novembro em ambos municípios, sendo o valor do primeiro 4,8 mm e o segundo 91 mm (Quadro 1). Outros estudos sobre o albedo mensal na Amazônia também apresentam valores menores na estação mais chuvosa, principalmente no início e no fim do ano, e maiores valores do albedo entre junho a outubro (QUERINO et al., 2006; VON RANDOW et al., 2004), demonstrando a influência que as nuvens promovem sobre o albedo local.

Meses	Média de precipitação em Castanhal	Média de precipitação em Capitão Poço
Agosto	2.05	3.48
Setembro	1.95	2.01
Outubro	0.15	1.54
Novembro	5.34	5.40
Dezembro	8.86	14.62

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os valores de albedo dos dois municípios avaliados apresentam variabilidade diferente, mesmo possuindo a mesma cobertura vegetal. Em que o valor médio de albedo estimado para a área localizada no município de Castanhal é de 18,56%, com média de precipitação de 5,43 mm no período de agosto a dezembro, já para a área referente a Capitão-Poço, o albedo é de 14,40%, com precipitação média de 3,67 mm.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudos e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AMÉRICO, I. B.; NUÑES, D. N. C.; HERNANDEZ, F. B. T. Controle do albedo como estratégia de preservação ambiental em escala de microbacia hidrográfica através de práticas de sensoriamento remoto. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. João Pessoa, 16., 2015, João Pessoa. **Anais 2015**. 7 p.

HOMMA, A. K. O.; NICOLI, C. M. L.; MENEZES, A. J. E. A. de; MATOS, G. B. de; CARVALHO, J. E. U. de; NOGUEIRA, O. L. **Custo operacional de açazeiro irrigado no Nordeste Paraense. Belém, PA.** Embrapa Amazônia Oriental. 2006.

MACHADO, W. B. **Balço de energia em áreas de florestas e de um campo agrícola no leste da Amazonia.** 2012. 67f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais na Amazônia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste Paraense, Santarém.

SODRE, J. B. **Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico.** 2005. 65f. Monografia (Especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

SOUZA, P. J. de O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P.; LOUREIRO, R. S.; BISPO C. J. C.; SOUSA A. M. L. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, ano 09, n. 1, ago. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n1/v14n01a09.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.

LIMA, P. C. da S.; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; AZEVEDO, P. V. de; OLIVEIRA, G. M. de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MOURA, M. S. B. de; MENEZES, H. E. A.; PINTO, M. G. C. de L. **Albedo de pastagem e caatinga.** Embrapa Semiárido. 2009

PEREIRA, G., MORAES, E. C., ARAI, E., de OLIVEIRA, L. G. L., & FERREIRA, N. J. Estimativas de alterações do albedo de superfície e da emissão de gases do efeito estufa em áreas queimadas inferidas através de imagens Landsat. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., Florianópolis. **Anais 2007**. 4527-4534 p.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; MARIANO, G. P. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região Amazônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.21, n.3a, p.42-49, 2006.

VON RANDOW, C. ; MANZI, A. O. ; KRUIJT, B. ; OLIVEIRA, P. J. ; ZANCHI, F. B. ; SILVA, R. L. ; HODNETT, M. G. ; GASH, J. H. C. ; ELBERS, J. A. ; WATERLOO, M. J. ; CARDOSO, F. L. ; KABAT, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon Exchange over Forest and pasture in South West Amazonia. **Revista Theoretical and Applied Climatology**, v.78, p. 5-26, 2004.

EFLUXO DE CO₂ DO SOLO EM FLORESTA SAZONALMENTE INUNDÁVEL NO PANTANAL MATO-GROSSENSE

Vanessa Rakel de Moraes Dias¹; Luciana Sanches²; Grazielle Martinez¹; Diego Fernando Daniel¹; Julia Gallo Barreto¹

Autor para correspondência: vanessadias@unemat.br

¹Universidade do Estado de Mato Grosso; ²Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO

Os solos e a vegetação de áreas úmidas passam por perturbações quando ocorrem as inundações sazonais. Os efeitos da inundação nessas áreas úmidas são importantes para o entendimento sobre as fontes ou drenos de carbono. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação sazonal do efluxo de CO₂ (dióxido de carbono) em área de floresta sazonalmente inundável no norte do Pantanal Mato-Grossense. O estudo foi na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) – Pantanal, onde ocorreram medidas de CO₂ em área de Acurizal. Por meio das medições em campo foi possível verificar a variação do efluxo de CO₂ no decorrer do ano em função da sua relação com a temperatura do solo e com a sazonalidade da inundação da região. A alternância de períodos de inundação e seca no norte do Pantanal pode estar contribuindo para o acúmulo e estoque de carbono no solo, menores emissões de CO₂ e, conseqüentemente, tornando o solo um dreno de carbono, o que necessita maior investigação.

PALAVRAS-CHAVE: Dreno de carbono; Planície de inundação; *Scheelea phalerata*

SOIL CO₂ EFFLUX IN WETLANDS OF PANTANAL MATO-GROSSENSE

ABSTRACT

The soils and vegetation of wetlands are disturbed when seasonal flooding occurs. The effects of flooding in these wetlands are important for understanding the sources or drains of carbon. Thus, the objective of this work was to analyze the seasonal variation of CO₂ efflux (carbon dioxide) in a seasonally flooded forest area in the northern Mato Grosso Pantanal. The study was carried out in the Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) – Pantanal, where CO₂ measurements occurred in the Acurizal area. Through field measurements, it was possible to verify the variation of the CO₂ efflux during the year due to its relation with the soil temperature and the seasonality of the flood of the region. The alternation of periods of flooding and drought in the northern Pantanal may be contributing to the accumulation and stock of carbon in the soil, lower CO₂ emissions and, consequently, making the soil a drain of carbon, which needs further investigation.

KEY-WORDS: Carbon; Flood plain; *Scheelea phalerata*

INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma das maiores planícies de sedimentação do planeta, com uma área de aproximadamente 140.000 km², abrangendo o Brasil, Paraguai e Bolívia, com 55,2% em território brasileiro (JUNK & NUNES DA CUNHA, 2005). As planícies de inundação do Pantanal tornaram-se prioritárias para a

conservação biológica, e são o encontro dos ecossistemas Cerrado, Floresta Amazônica e Planícies do Chaco (JUNK et al., 2006).

Áreas sazonalmente inundadas tem um grande potencial para sequestrar carbono no solo porque a taxa de decomposição da matéria orgânica é reduzida durante a inundação. A ciclagem do carbono em florestas tornou-se de interesse da comunidade científica estimulada por um esforço global para diminuir as taxas de emissões de dióxido de carbono causadas pelas emissões antropogênicas, principalmente pelo desmatamento para substituição por pastagens ou culturas anuais.

Nesse contexto, é necessário compreendermos como esses ambientes sequestram ou emitem carbono para a atmosfera considerando os complexos fenômenos físicos e químicos. Assim, estudos sobre os fluxos de energia e de massa na interface biosfera/atmosfera são relevantes para a compreensão desses ecossistemas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar a variação sazonal de efluxo de CO₂ do solo para a atmosfera em floresta sazonalmente inundável no norte do Pantanal Mato-Grossense.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

O estudo ocorreu na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) - Pantanal, Poconé, Mato Grosso, a cerca de 160 km de Cuiabá (Figura 1). O clima da região, segundo classificação Köppen, é Aw-tropical úmido, com precipitação pluvial anual entre 1.000 e 1.500 mm, com máxima em janeiro e mínima em agosto. As temperaturas médias variam de 27-28°C em janeiro e de 22-23°C em julho. A altitude na RPPN SESC Pantanal é de 120 a 130 m (HASENACK et al., 2003). O solo foi classificado como Planossolo Háptico eutrófico típico (CORINGA et al., 2012). Na área de estudo predomina a palmeira *Scheelea phalerata* (Mart. ex Spreng.) Burret (Acuri), de formação típica de Cerrado e indicadora de áreas de solo com alta fertilidade (DUBS, 1992).

Medidas micrometeorológicas e de CO₂

A precipitação pluvial foi medida por meio de um pluviômetro (TE 525 mm-L, Campbell, USA) e a temperatura do ar por um termohigrômetro (HMP155, Vaisala, USA) instalado a 6 metros do solo. Os dados foram coletados e armazenados, em intervalos de 15 minutos, em *datalogger* (CR1000, Campbell, USA).

Para as medidas de efluxo de CO₂ foi utilizado um analisador de gás por infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, UK) e uma câmara de fluxo de CO₂ (SRC-1, PP Systems, UK), a qual foi colocada dentro de canos de cloreto de polivinil (PVC) de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, fixos no solo em 11 pontos de um transecto de 100 m, sendo instalados 30 dias antes da primeira medida. As medidas ocorreram entre às 11 e 14 horas, mensalmente, antes e após inundação, no ano de 2014.

A temperatura da camada superficial do solo foi medida dentro de cada PVC, utilizando-se um termômetro digital tipo haste (modelo AL-150C, Precision, USA). E a umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico (EMBRAPA, 2011), em que foram coletadas amostras de solo, mensalmente, em cada um dos 11 pontos do transecto.

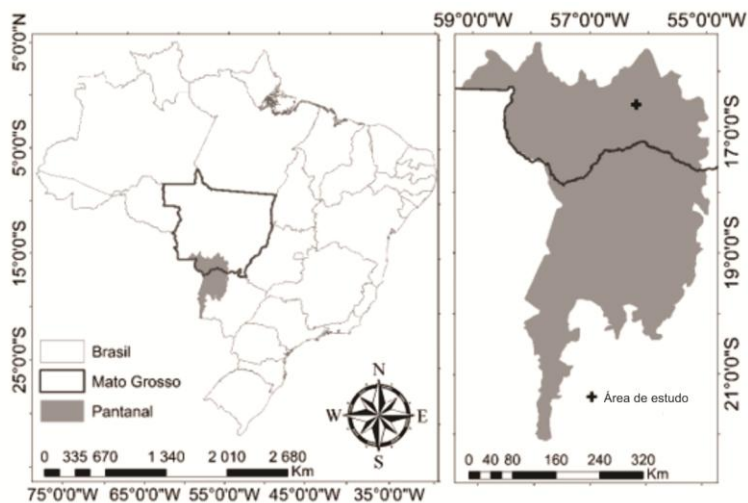


Figura 1. Área de estudo localizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) - Pantanal, município de Poconé, Mato Grosso, Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Medidas micrometeorológicas

A precipitação pluvial acumulada no ano de 2014 foi 1588 mm, com máxima em fevereiro e mínima em agosto (Figura 2). Aproximadamente 1/3 da precipitação ocorreu em janeiro e fevereiro, com inundações em março e abril. A média anual foi 18% acima da média da precipitação acumulada mensal de 1968 a 2006 (BRASIL, 2016). Os meses de menor precipitação foram de julho a setembro. Houve uma amplitude térmica de 22°C entre maio e outubro, nos outros meses a temperatura média mensal do ar manteve-se entre 25-26°C. Após a inundações, a umidade do solo diminuiu gradativamente até outubro, quando inicia o período chuvoso na região. Porém, mesmo nos meses mais secos a umidade no solo esteve em torno de 20%.

Efluxo de CO₂, umidade e temperatura do solo

Os maiores valores de efluxo de CO₂ do solo foram em fevereiro e junho, antes e depois da inundações, respectivamente, com aproximadamente 130% maior emissão do gás do que no mês de julho (Figura 2). Quando a umidade do solo esteve acima de 30%, o efluxo de CO₂ foi maior; e acima de 40% teve uma maior variação espacial, verificada nos valores medidos ao longo do transecto. Quando a temperatura do solo esteve em torno de 20-26 °C, ocorreram os maiores valores de efluxo do gás. O efluxo de CO₂ do solo apresentou correlação positiva com a temperatura do solo ($r = 0,68$, $p < 0,05$).

Os valores de efluxo de CO₂ corresponderam aos intervalos já registrados na RPPN SESC Pantanal (CARVALHO, 2013), porém esse estudo ocorreu em cordilheira com diferenças na amplitude da inundações, sendo que correlações entre o efluxo de CO₂ do solo com a umidade e a temperatura do solo também foram registradas por esses autores.

A título de comparação, em floresta de terra seca no ecótono floresta amazônica/cerrado, em Mato Grosso, as médias de efluxo de CO₂ do solo obtidas por Valentini et al. (2008) foram maiores do que este estudo, indicando que em áreas do Pantanal onde ocorrem inundações sazonais deve haver um acúmulo de matéria orgânica no solo comparado com áreas de terra firme.

Em locais de áreas úmidas onde o lençol freático se mantém ao nível do solo na maior parte do ano, ocorre maior acúmulo de carbono no solo, que se deve à saturação do solo que limita a difusão de oxigênio atmosférico o que diminui a atividade microbiana e, conseqüentemente, a taxa de decomposição. No período seco, a menor disponibilidade de água no solo intensifica o fluxo do CO₂ armazenado no solo, e no período de maior umidade há diminuição da difusividade dos gases na superfície do solo por formar meniscos de água bloqueando os poros do solo (MAIER et al., 2011).

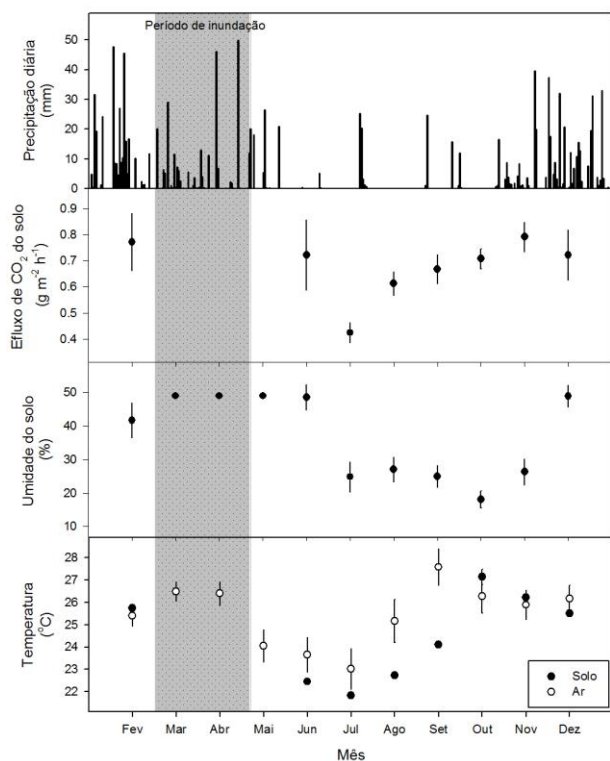


Figura 2. Precipitação pluvial (mm dia⁻¹), efluxo de CO₂ do solo (g m⁻² h⁻¹) (n=11/transecto), umidade do solo (%), temperatura do ar e do solo (°C). Área sombreada representa o período inundado de março a abril de 2014.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que ocorre variação sazonal do efluxo de CO₂ no decorrer do ano em função da sua relação com a temperatura do solo e com a sazonalidade da inundação da região. A alternância de períodos de inundação e seca no norte do Pantanal pode estar contribuindo para o acúmulo e estoque de carbono no solo, menores emissões de CO₂ e, conseqüentemente, tornando o solo um dreno de carbono, o que necessita maior investigação.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

À UNEMAT e à UFMT pelo suporte logístico. Ao CNPq, processos n. 483853/2013-5 e 457824/2013-1, e à FAPEMAT, processo n. 164595/2014, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Hidroweb, Estação: 1656001. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em 17 de abril de 2016. 2016.

CARVALHO, P. V. **Estudo do fluxo de CO₂ e do conteúdo de carbono do solo em área de interflúvio no Pantanal município de Poconé.** 69p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. *Acta Amazônica*, 42(1):19-28, 2012.

DUBS, B. **Observations on the differentiation of woodland and wet savanna habitats in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil.** In: (Ed.) FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. London: Chapman and Hall, p. 431-449, 1992.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Org. Guilherme Kangussú Donagema [et al.]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; HOFMANN, G. S. **O Clima da RPPN SESC Pantanal**. Relatório técnico. Porto Alegre: UFRGS. 31p., 2003.

JUNK, W. J.; BROWN, M.; CAMPBELL, I. C.; FINLAYSON, M.; GOPAL, B.; RAMBERG, L.; WARNER, B.G. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: A synthesis. **Aquatic Sciences**, 68(3):400-414, 2006.

JUNK, W. J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, 24(4):391-401, 2005.

MAIER, M.; SCHACK-KIRCHENER, H.; HILDEBRAND, E. E.; SCHINDLER, D. Soil CO₂ efflux vs. Soil respiration: Implications for flux models. **Agricultural and Forest Meteorology**, 151:1723-1730, 2011.

VALENTINI, C. M. A.; SANCHES, L.; DE PAULA, R. B.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S.; PINTO JR., O. B.; LOBO F. A. Soil respiration and aboveground litter dynamics of a tropical transitional forest in northwest Mato Grosso, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, 113:1-11, 2008.

FLORAÇÃO EM PLANTAS DE AÇAIZEIRO CULTIVADAS EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA

Igor Cristian de Oliveira Vieira¹; Stefany Porcina Peniche Lisboa¹; Maria de Lourdes Alcântara Velame¹; Matheus Lima Rua¹; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes¹
Autor para correspondência: cristianigor67@gmail.com

¹UFRA; ²ISARH/UFRA

RESUMO

O açaizeiro é originária da Amazônia, atualmente, é requisitada a fins de pesquisas e investimentos devido ao seu alto potencial econômico. O estudo do microclima é indispensável para que haja um melhor manejo da palmeira. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a ocorrência de floração em açaizeiros com dois sistemas produtivos, o monocultivo e consórcio, nas condições climáticas de Castanhal-Pa. A cultivar escolhida foi a BRS-PA em uma área de 0,60 ha localizada próximo à Fazenda Escola de Castanhal-Pa. O delineamento foi inteiramente casualizado com 2 tratamentos (TM e TC) para 24 plantas cada. Foi observado que ocorrem nos meses de março, maio e setembro. Nos dois primeiros, a quantidade de plantas com presença de floração é do sistema de consórcio. Porém, no mês de setembro esse padrão inverte-se. A variabilidade de plantas de açaizeiro com floração é influenciada pelos elementos climáticos, principalmente, temperatura e precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: *Euterpe oleracea*; Fenologia; Microclima

FLOWERING IN AÇAÍ PLANTS CULTIVATED IN MONOCULTURE AND CONSORTIUM IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF CASTANHAL-PA

ABSTRACT

The açaizeiro is originally from the Amazon, is currently required for research and investment purposes due to its high economic potential. The study of the microclimate is indispensable for better management of the palm tree. Thus, the objective of this work was to evaluate the occurrence of flowering in açai trees with two production systems, monoculture and consortium, in the climatic conditions of Castanhal-Pa. The cultivar chosen was BRS-PA in an area of 0.60 ha located near the Fazenda Escola de Castanhal-Pa. The design was completely randomized with 2 treatments (TM and TC) for 24 plants each. It was observed that they occur in the months of March, May and September. In the first two, the number of plants with presence of flowering is of the consortium system. However, in September this pattern is reversed. The variability of açai plants with flowering is influenced by the climatic elements, mainly temperature and precipitation.

KEY-WORDS: *Euterpe oleracea*; Phenology; Microclimate

INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira originária da Amazônia brasileira, adaptável a condições de temperatura elevadas, precipitação pluviométrica e umidade do ar. São comumente vistas em solos de áreas de várzeas e igapós. A palmeira se destaca devido a abundância e alto índices de produção e

por gerar um importante alimento para populações locais, além de representar no Brasil a principal fonte de matéria prima para a agroindústria do palmito (NOGUEIRA, et al 2005).

A produção é sazonal e a safra acontece de julho a de dezembro, e entressafra de janeiro a junho, o que ocasiona oscilação no preço do produto, devido efeito oferta/procura. (RODRIGUES, et al, 2015). Com 98,3% do total nacional o Pará se apresentou como o estado com maior produção de açaí. Os municípios com maior índice são paraenses, com ênfase em Igarapé-Miri, municípios produtores (Igarapé-Miri, Cametá, Abaetetuba, Bujaru e Portel) apontam 62,7% da produção do estado. (IBGE, 2016).

O desenvolvimento dos vegetais está ligado as questões fenológicas, que pode ser fator limitante para os eventos, sendo uma delas a precipitação, que está ligada as questões de progresso ao plantio. (NUNES, 2010) Ademais, o fator clima tem alta influência perante a uma cultura, tendo domínio sobre a produtividade de uma planta e conseqüentemente nos custos de produção. (RODRIGUES et al., 2014).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência de floração em plantas de açaizeiro, cultivadas em monocultivo e consórcio, nas condições climáticas de Castanhal-Pa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um plantio comercial, próximo à Fazenda Escola de Castanhal-Pa (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W). Clima tropical tipo Am segundo a classificação de Koppen. O solo presente para a plantação é um Latossolo amarelo distrófico, textura franco-arenoso.

A cultivar selecionada para o estudo foi o Açaí /BRS-PA, com idade de 8 anos e dossel de 12 metros de altura em uma área de 0,60 ha (104,4x57,7m). Para fins meteorológicos, foi instalada uma torre micrometeorológica no local com sensores de temperatura, radiação, pluviômetro, déficit de pressão de vapor (DPV) estimado segundo metodologia de Tetens (1930), entre outros. A cultivar foi dividida em dois sistemas, o monocultivo (M/ 8x4) e em consórcio (C) de açaí e cupuaçu (8x4 em linhas só o do açaí e 8x8 em linhas com cupuaçu). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizados distribuídos em 2 tratamentos que requeriam um total de 48 plantas, 24 para cada tratamento, havendo a inclusão da adubação completa, com o sistema de irrigação Microaspersor.

As observações fenológicas foram feitas semanalmente, sendo os dados coletados no intervalo de novembro de 2017 a outubro de 2018, em que foram apurados a presença de florescimento no açaizeiro em relação as condições climáticas descritas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica (PP) ao ano totalizou 1.454,39 mm, somando 2017 e 2018, expondo seu valor máximo no mês de março de 2017 (Figura 1). A variação média quesito Radiação global incidente (Rg) no período de novembro de 2017 a outubro de 2018 foi de 17,20 m²d⁻¹, com amplitude mínima e máxima de 14,73 e 19,67 MJ m²d⁻¹, consecutivamente e desvio padrão de ± 2.05 MJ m²d⁻¹(Figura 1a).

O déficit de pressão por vapor (DPV) foi estimado segundo a metodologia de Tetens (1930) com média de 0.50, amplitude máxima e mínima nos meses de novembro e abril de 0.93 kPa e 0.25 kPa, respectivamente e desvio padrão ± 0.21kPa. A umidade relativa (UR) na localidade apresentou porcentagem mínima e máxima no mesmo mês do DPV com de 77.39 e máxima de 92.96%, média e desvio padrão de 86.93% e 4.77%, na devida ordem. (Figura 1b)

A variabilidade na temperatura média do ar (Tar) foi de 27.82C° (± 1.15) no período de novembro de 2017 a outubro de 2018 com amplitude máxima e mínima de 0.93C° e 0.25 C° nessa ordem. (Figura 1C).

Em geral, foram observados que todos os meses apresentaram índice de floração nos dois sistemas, porém os meses de março, maio e setembro apresentaram índices mais elevados em relação aos outros meses, sendo que nos dois primeiros o consórcio apresentou maior índice em relação ao monocultivo e o último com o índice de floração maior no monocultivo (Figura 1C).

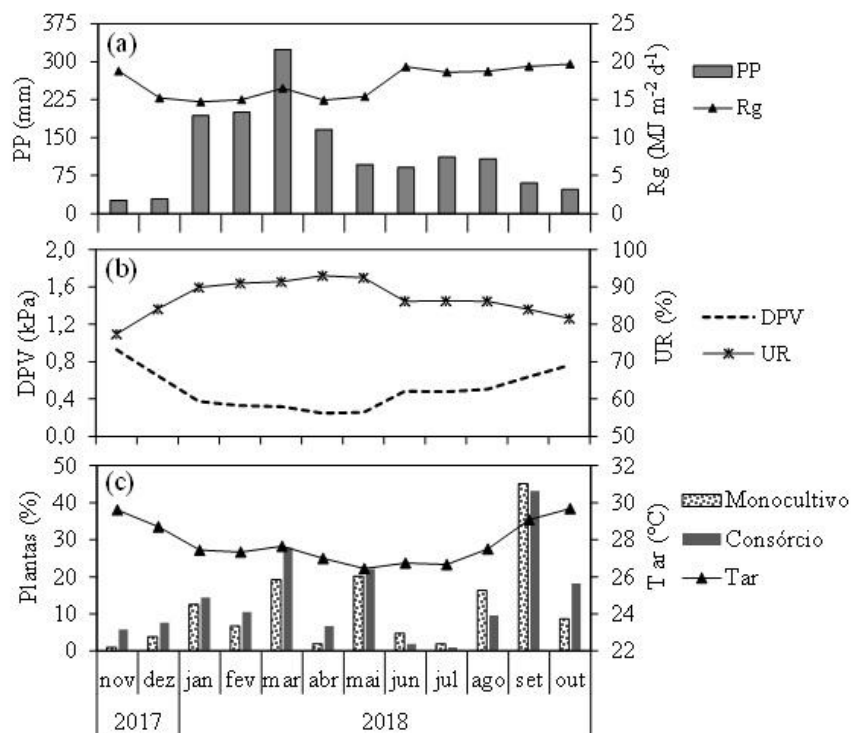


Figura 1. Variáveis climáticas e fenologia do açaizeiro no monocultivo (M) e consórcio (C). Em (a), precipitação pluviométrica (PP) e Radiação global incidente (Rg); em (b), déficit de pressão de vapor (DPV) e umidade relativa do ar (UR); em (c) temperatura do ar (Tar) e percentual de plantas com presença de inflorescência em monocultivo e consórcio.

Fonte: Os autores.

Em análise conjunta dos fatores climáticos que influenciam no processo de floração a precipitação apresentou-se maior no mês de março com 324,20 mm, cujo gráfico indica maior pico de florescimento. Segundo Oliveira, et al. (2007) os índices de floração e frutificação se concentram no período mais chuvoso (janeiro a maio) e menos chuvoso (setembro e dezembro) respectivamente. Corroborando com os estudos feitos em castanhal, visto que os maiores índices de floração ocorreram nos devidos meses citados, entretanto, houve um pico elevado em setembro, fator contrário aos estudos feitos, contudo, esse pico de floração fora do período mencionado pelo autor ocorreu por indução da tecnologia de irrigação utilizada no experimento.

A floração ocorre ao longo de todo ano, apresentando valores maiores e menores em determinados meses. (Figura 1C) Assim, revalidando os estudos de Oliveira. et al. (2007) que mostraram o ciclo reprodutivo do açaizeiro, onde a floração e frutificação ocorre o ano todo, exceto na primeira floração que apresenta irregularidade devido à emissão de inflorescências somente com flores masculinas.

Houve diferença para a fenologia nos dois sistemas, visto que na maior parte do ano o consórcio com mínima e máxima (0,96% e 43,20%) manteve os índices mais elevados que a do monocultivo (0,96 % e 45,12%) que se deu em alguns meses. Confirmando o estudo de Junqueira et al.(2013) que mostra os benefícios do consórcio para uma melhor exposição das características da planta, visto que propicia o aumento da infiltração de água no solo e criando um microclima favorável.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

1. Ocorrem três picos de floração, em ambos os sistemas de cultivo, dois destes no primeiro semestre, nos meses de maio e março, e outro pico no segundo semestre, no mês de setembro.

2. O consórcio apresenta plantas com floração em maior quantidade nos em março e maio que o monocultivo. No entanto, em setembro esse padrão inverte-se, ou seja, monocultivo apresenta maior quantidade de plantas com floração que consórcio.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: **investigação da cultura de açaí no âmbito da agricultura safra do açaí 2016**. Pará 2016 Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-dnoticias/noticias/16821-safra-de-acai-foi-de-1-1-milhao-de-toneladas-em-2016/> Acesso em: 21 setembro 2017.

JUNQUEIRA, A. de C.; SCHLINDWEIN, M.N.; CANUTO, J.C.; NOBRE, H.G.; SOUZA, T. de J.M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, V.8, n.1, p. 102-115, 2013.

Nogueira OL, Figueirêdo FJC & Muller AA (2005) Açaí. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pará. 137p. Embrapa Amazônia Oriental.

NUNES, H.F. **Estudo fenológico e morfológico da palmeira guariroba** (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.). 2010. 64f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Goiás.

Oliveira MSP, Farias Neto JT, Pena RS. Açaí: técnicas de cultivo e processamento. Fortaleza: Instituto Frutal; 2007. p. 104. .

Rodrigues, E. et al. **Influência da cadeia produtiva do Açaí (euterpe oleraceae mart.) Na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, tomé açu-pa**. *Observatorio de la Economía Latinoamericana, Brasil f23. IFPA, 2015.*

RODRIGUES, N.A.; REIS, E.A. dos.; TAVARES, M. **Influências dos fatores climáticos no custo de produção do café arábica**. *Custos e Agronegócio on line*, V.10, n.3, 2014.

TETENS, V. O. Über einige meteorologische Begriffe. *Zeitschrift Geophysic*, v. 6, n.1, p. 297-309, 1930.

EMIÇÃO DE FLORAÇÃO DE AÇAIZEIRO EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, CASTANHAL-PA

Gabriel Ito dos Santos Teixeira¹; Matheus Yan Freitas Silva¹; Erika de Oliveira Teixeira¹; Adrielle Carvalho Monteiro¹; Bruno Gama Ferreira¹

Autor para correspondência: itogabril21@gmail.com

¹UFRA; ²ISARH/UFRA

RESUMO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é uma palmeira típica da região Amazônica a qual tem seu centro de dispersão em áreas alagadas, onde a disponibilidade hídrica do solo não é limitante devido às inundações diárias ocasionadas pelas marés. Contudo, a elevada demanda pelo seu fruto proporciona a expansão dos açais manejados para áreas de terra firme. O objetivo foi avaliar a emissão de floração em duas lâminas de irrigação nas condições climáticas de Castanhal-PA. O experimento foi conduzido em um plantio comercial de açaizeiro de 0,15 ha em Castanhal, foram utilizadas duas lâminas de irrigação com 100 % (TI) e 0% (TS) da evapotranspiração de referência (ET₀). No centro da área foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica programada a um datalogger com armazenamento de médias a cada 20 min. Os sensores instalados foram de temperatura (Tar) e umidade do ar (UR), radiação global incidente (Rg) e precipitação (PP), o déficit de pressão de vapor (DPV) foi estimado por Tetens, nos meses de agosto a setembro. Os dados foram analisados por meio de análise estatística descritiva e correlação de Pearson para definir a influência dos elementos climáticos na emissão das inflorescências. Foram considerados significativos os valores com o $p < 5\%$. As variáveis climáticas (Tar, UR, Rg, PP e DPV) têm alta correlação com o tratamento em sequeiro, resultado diferente do obtido no tratamento irrigado que apresenta somente correlação moderada na variável Tar.

PALAVRAS-CHAVE: Euterpe oleracea; Irrigação; fenologia

FLOWERING OF AÇAIZEIRO IN DIFFERENT WATER RESOURCES, CASTANHAL-PA

ABSTRACT

Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart) is a typical palm of the Amazon region which has its center of dispersion in flooded areas, where the water availability of the soil is not limiting due to the daily floods caused by the tides. However, the high demand for its fruit provides the expansion of açail managed to land areas. The objective was to evaluate the flowering emission in two irrigation slides in the climatic conditions of Castanhal-PA. The experiment was conducted in a commercial plantation of 0.15 ha of açai in Castanhal, two irrigation slides with 100% (TI) and 0% (TS) of the reference evapotranspiration (ET₀) were used. In the center of the area was installed and instrumented a micrometeorological tower programmed to a datalogger with storage of averages every 20 min. The sensors installed were temperature (Tar) and air humidity (RH), incident global radiation (Rg) and precipitation (PP), the vapor pressure deficit (DPV) was estimated by Tetens from August to September. The data were analyzed through descriptive statistical analysis and Pearson correlation to define the influence of climatic elements on inflorescence emission. Values with $p < 5\%$ were considered significant. The climatic variables (Tar, UR, Rg, PP and DPV) have a high correlation with the treatment in the rainfed, a result different from that obtained in the irrigated treatment that presents only moderate correlation in the Tar variable.

KEY-WORDS: Euterpe oleracea; Irrigation; phenology

INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é uma palmeira típica da região Amazônica, presente em grande extensão ao longo do estuário amazônico. Essas áreas, geralmente caracterizadas como várzeas, apresentam boa disponibilidade hídrica em razão das chuvas que ocorrem na região e devido ao movimento diário das marés. No entanto, o aumento das exportações e a elevação dos preços provocam escassez do produto ao consumidor local, a qual resulta em expansão dos açazais manejados (OLIVEIRA ET AL., 2000).

Em sua pesquisa com mudas de açazeiro, Silvestre et. al (2016) observou que existe uma elevada demanda hídrica da planta para a realização de seus processos fisiológicos e metabólicos essenciais, como a fotossíntese que está intimamente relacionada com o processo de produção e acúmulo de reservas em forma de carboidratos. Nesse sentido, é possível inferir que a alta necessidade por água independe da fase fenológica da planta. O processo de floração em áreas de ocorrência espontânea dessa espécie acontece nos períodos com maior pluviosidade, em climas Afi (Köppen), os picos de chuva se concentram nos meses de dezembro e fevereiro (OLIVEIRA, 2002). Porém, atualmente, o açazeiro é cultivado em áreas de terra e em outros tipos climáticos, com período de estiagem definido, assim muitos produtores utilizam irrigação de forma empírica, ou seja, sem conhecimento da demanda hídrica da cultura.

Logo, apesar da elevada importância econômica, estudos referentes a plantios irrigados e sua influência na fenologia reprodutiva ainda são incipientes, tornando-se necessárias mais pesquisas a fim de elucidar os efeitos da irrigação em cultivo de açazeiros em áreas de terra firme.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a emissão de floração em duas lâminas de irrigação nas condições climáticas de Castanhal-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Castanhal (Nordeste Paraense) em um plantio comercial de açai (cv. BRS-PA), próximo as dependências da fazenda Escola de Castanhal, em uma área de aproximadamente 0,15 ha. O clima é do tipo Am (ALVARES et al., 2014), e o solo do tipo Latossolo amarelo textura franco arenoso (SANTOS, 2018).

A densidade das plantas foi mantida em três estipes por touceira, estas espaçadas em 4 X 4 m. No centro da área foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica programada a um datalogger com armazenamento de médias a cada 20 min. Os sensores instalados foram de temperatura e umidade do ar, radiação global incidente e precipitação. O déficit de pressão de vapor foi estimado segundo metodologia de Tetens (1930).

O cultivo de açazeiro foi dividido em dois tratamentos, em sequeiro (TS) e irrigado (TI), em que a irrigação foi feita através de sistema de microaspersão, com 1 emissor por touceira. A reposição de água no TI foi aplicada de acordo com evapotranspiração de referência (ET₀) estimativa pelo método de Penman-Monteith 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

O acompanhamento fenológico foi realizado em 24 plantas de cada tratamento semanalmente com observação das plantas que apresentavam inflorescência completamente aberta e quantidade que eram emitidas. Essas observações foram realizadas de janeiro a dezembro de 2018, porém foi observado o maior pico em meados de agosto a final de setembro. Dessa forma, foi definido esse período para fazer a presente avaliação.

Os dados foram analisados por meio de análise estatística descritiva e correção de Pearson para definir a influência dos elementos climáticos na emissão das inflorescências. Foram considerados

significativos os valores com o p inferior a 5%. A interpretação da correlação entre os fatores foi por meio da metodologia estabelecida por Dancey e Reidy (2005), onde quanto mais próximo a um (independente do sinal) maior é grau de dependência estatística linear entre as variáveis, sendo definida da seguinte forma: $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de pluviosidade (PP) no período avaliado foi de 148,5 mm. A radiação global (Rg) variou de 14,83 a 23,15 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$, com média de 19,30 ($\pm 2,19$). O valor de temperatura do ar (Tar) médio foi de 28,62 ($\pm 0,917$) com mínimo de 25,987 e máximo de 29,874 °C. A umidade variou de 78,14 % a 90,88 já o déficit de pressão de vapor (DPV) médio obtido no mesmo período foi de ($0,606 \pm 0,150$). Quanto a ET_0 ocorreram variações de 2,42 (mínimo) e 4,31 (máximo) com média de ($3,427 \pm 0,405$), como observados nas figuras 1. A lâmina total de irrigação no tratamento irrigado foi calculada através do somatório de PP e da evapotranspiração, que correspondem a 309,66 mm.

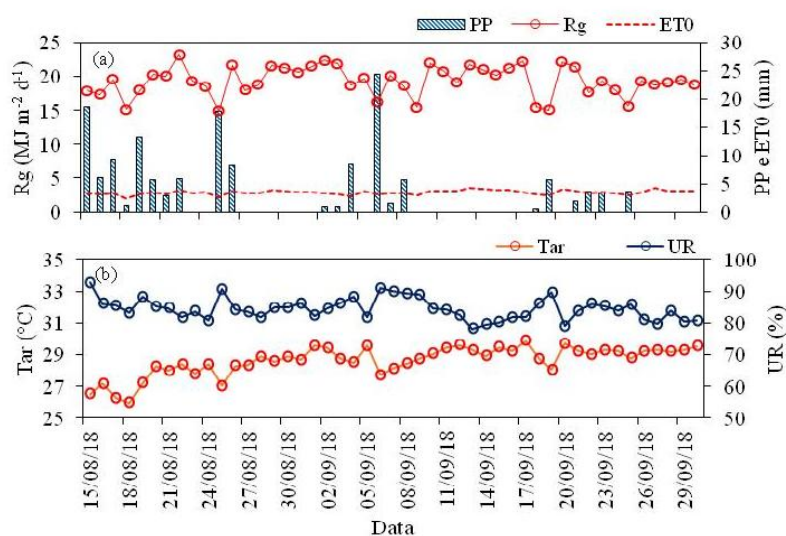


Figura 1: Variação nos parâmetros de precipitação (PP), radiação global (Rg), evapotranspiração(ET_0). Distribuição das medias de temperatura do ar e umidade relativa em plantio de açaizeiro nos meses de agosto e setembro, Castanhal, PA.

Foi observada a superioridade no número de inflorescências emitidas em TI quando comprado com TS, o qual totalizaram, respectivamente, 21 e 40 inflorescências contabilizadas por tratamento. Diante disso, é possível atribuir que a emissão de inflorescência sofre maior influência das variáveis climáticas quando não existe irrigação. Seo (2011) aponta a irrigação com uma das principais formas de mitigação dos efeitos das adversidades climáticas no desenvolvimento dos vegetais.

De acordo com a análise de correlação de Pearson (Tabela 1), os principais elementos que interferem na emissão de inflorescências em sequeiro são Tar, PP, DPV e UR. Essas variáveis favorecem a formação de um microclima que interferem no conteúdo de água presente no solo e alterar processos como trocas gasosas, fotossíntese e respiração (Silvestre et. al, 2016), bem como, na produção e acúmulo de reservas energéticas que são utilizadas nos processos floração e frutificação, como relatado na cultura do cafeeiro (LAVIOLA, 2017).

Tratamento Sequeiro (TS)						
	PP	Rg	DPV	UR	Tar	N° de IN
PP	1					
Rg	0,1409ns	1				

DPV	-0,883*	0,206ns	1			
UR	0,844*	-0,123*	-0,983**	1		
Tar	-0,851*	0,385*	0,948**	-0,875*	1	
N° de IN	0,955*	-0,155	-0,927*	0,858*	-0,959**	1
Tratamento Irrigado (TI)						
	PP	Rg	DPV	UR	Tar	N° de IN
PP	1					
Rg	0,1409 ^{ns}	1				
DPV	-0,883*	0,206 ^{ns}	1			
UR	0,844*	-0,123*	-0,983**	1		
Tar	-0,851*	0,385*	0,948**	-0,875*	1	
N° de IN	0,086 ^{ns}	-0,767 ^{ns}	-0,252 ^{ns}	0,109 ^{ns}	-0,506*	1

Tabela 2: Correlações entre precipitação (PP), radiação global (Rg), déficit de pressão de vapor (DPV), umidade relativa (UR) e temperatura do ar (Tar) na emissão de inflorescências de açaizeiro em dois regimes hídricos, Castanhal-PA.

Por outro lado, as plantas que estavam sob irrigação (TI) não apresentaram correlação com a maioria dos elementos climáticos avaliados, exceto quanto a Tar que tem relação mediana com o número de inflorescência. Penfiel (2013), em suas pesquisas demonstra que plantas sujeitas a variações de temperatura, independente do período de exposição, demonstram muita sensibilidade o que pode comprometer os processos metabólicos a nível fisiológico e bioquímico, influenciando na emissão das inflorescências.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Há correlação entre as variáveis climáticas e emissão de floração em duas lâminas de irrigação (TI e TS). O tratamento em sequeiro apresenta correlação forte com as variáveis climáticas Tar, UR, Rg, PP e DPV. Enquanto que o tratamento com irrigação possui correlação mediana com Tar.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. Irrigation and Drainage Paper, 56.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

LAVIOLA, B. G. **Alocação de fotoassimilados e nutrientes em folhas e frutos de cafeeiro em diferentes altitudes de cultivo.** Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. LAVIOLA, Bruno Galvêas. Alocação de fotoassimilados e nutrientes em folhas e frutos de cafeeiro em diferentes altitudes de cultivo. 2007.

OLIVEIRA, M. Biologia floral do açaizeiro em Belém, PA. **Embrapa Amazônia Oriental.** Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 2002.

OLIVEIRA, M. S. P; CARVALHO, J. E. U; NASCIMENTO, W. M. O. AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.). Comunicado técnico, EMBRAPA-CPATU. n 36, 49 p. 2000

PENFIELD, Steven; MACGREGOR, Dana. Temperature sensing in plants. **Temperature and Plant Development**, p. 1-18, 2014.

SANTOS, H.G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa.** Brasília, ed 5, 2018. p. 277-300.

SEO, N. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. **Ecological Economics**, v. 70, n. 4, p. 825-834, 2011.

SILVESTRE, et al. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p.364-371, 2016.

TETENS, V. O. Über einige meteorologische Begriffe. *Zeitschrift Geophysic*, v. 6, n.1, p. 297-309, 1930.

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CULTURA DA SOJA CULTIVADA EM ÁREA DE CERRADO DO TOCANTINS.

Balbino Antonio Evangelista¹; Telma Maria do Vale²; Leonardo José Motta Campos¹; Isabella Lopes Ribeiro³; Santiago Vianna Cuadra¹

Autor para correspondência: balbino.evangelista@embrapa.br

¹Embrapa Pesca e Aquicultura; ²Universidade Federal do Tocantins; ³Faculdade Católica do Tocantins

RESUMO

Este estudo teve como objetivo estimar o índice de área foliar (IAF) de dois cultivares de soja em duas épocas de semeadura em área de Latossolo Vermelho amarelo distrófico de Cerrados do Estado do Tocantins. Foram semeadas as cultivares BRS 8980IPRO e Brasmax Bônus 8779. As semeaduras ocorreram 16/11 e 19/12/2017. A avaliação da fenologia e crescimento das plantas por biometria foram realizadas a cada 15 dias, sendo que em cada parcela foram selecionadas 4 amostras de 1m, sendo sorteadas 3 plantas de cada parcela para a medição do IAF com o uso do Integrador de Área Foliar Licor 3100 e pesagem úmida. Os IAF obtidos foram assim extrapolados: $IAF = (\text{Peso Fresco Total [g]} / \text{Peso Fresco Amostral [g]}) * (1 / \text{Área Amostrada [m}^2]) * \text{Área Foliar [m}^2]$. Os resultados mostraram que as cultivares BRS 8980IPRO e Bônus apresentaram IAF consideravelmente superiores nos cultivos realizados na primeira época; a BRS 8980 IPRO apresentou IAF superior à Bônus tanto nos cultivos na primeira (novembro) quanto na segunda época (dezembro). Foi realizada análise estatística por meio de função de regressão linear para obtenção de uma equação para tentar explicar a variação do IAF durante o ciclo das cultivares estudadas. E foram obtidos coeficientes de determinação (R^2) de 0,8 e 0,97 para o Bônus em primeira e segunda épocas, respectivamente, e de 0,98 e 0,95 para a cultivar BRS 8980IPRO semeadas em novembro e dezembro, respectivamente, indicando que o modelo proposto é adequado para descrever a variação do IAF nas condições estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Fenologia; Modelagem; Ambiente de produção

ESTIMATION OF THE LEAF AREA INDEX OF THE SOYBEAN CROP GROWN IN THE CERRADO AREA OF TOCANTINS.

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the leaf area (IAF) of two soybean cultivars at two sowing seasons in a Cerrado dystrophic Yellow Red Latosol of Tocantins state cerrados area. The cultivars BRS 8980IPRO and Brasmax BÔNUS 8779 were sown. The sowing occurred at 16/11 and 19/12/2017. Plants phenology and growth evaluation through biometry were made every 15 days, in each field parcel 4 samples of 1m were selected, and drawn 3 plants of each plot for the measurement of the IAF with the use of the Foliar Area Integrator Licor 3100 and humid weighing. The IAF obtained have been extrapolated this way: $IAF = (\text{Total Fresh Weight [g]} / \text{Fresh Sample Weight [g]}) * (1 / \text{Sample Area [m}^2]) * \text{Foliar Area [m}^2]$. The results have shown that the cultivars BRS 8980IPRO and Bônus performed higher IAF in the first season cultivation areas; The BRS 8980 IPRO presented IAF higher than BÔNUS in the cultivation areas of first (November) and second season (December). Statistical analyses were made using linear regression function to obtain an equation to explain the IAF variation during the cultivars cycle studied. And determination coefficients (R^2) of 0,8 and 0,97 were obtained to Bônus in first and second seasons, and of 0,98 and 0,95 to BRS 8980IPRO sown in November and December, respectively, indicating that the proposed model is adequate to describe the IAF variations in the studied conditions.

KEY-WORDS: Phenology; Modeling; Production environment

INTRODUÇÃO

Compreender a variabilidade do clima, bem como a sua influência em cada fase de desenvolvimento da cultura e no rendimento final das lavouras através do uso de modelos de simulação de desenvolvimento e rendimento, são formas de reduzir riscos, aumentar a produção agrícola nacional e contribuir com o planejamento, políticas públicas e viabilizar o agronegócio (ASSAD et al., 2007).

Na produção agrícola, o clima é um dos principais fatores limitantes da produtividade das lavouras. As variabilidades e adversidades climáticas que se expressam na forma de estresses abióticos como seca, excesso de chuva, temperatura muito altas ou baixas, baixa luminosidade, entre outras, afetam consideravelmente o rendimento de lavouras, chegando a restringir locais, épocas de semeaduras e solos para determinadas espécies cultivadas (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Entre os desafios para o aumento da produtividade da soja, estão os investimentos em tecnologias e técnicas sejam elas, introdução de sistemas de produção, plantio direto, manejo do solo de pragas e o melhoramento de plantas.

Na pesquisa, é de fundamental importância a análise do crescimento das culturas, especialmente para compreensão das diferenças genéticas ou ainda, de como respondem às variações ambientais, e ainda, conforme BENINCASA (2003), é um método eficiente para testar e indicar materiais promissores, adaptados, sendo comumente utilizada na avaliação da produtividade, correlacionando com outros componentes de produção. Assim, medir a variação do IAF permite modelar o crescimento ou aumento em volume da planta como um todo, dentro de um intervalo de tempo, e o desenvolvimento por fase das plantas, e conseqüentemente, a produtividade e produção total da cultura. Por meio da medição ou estimativa do índice de área foliar, é possível analisar o vigor ou saúde de uma lavoura, sendo que culturas que não atendem aos requisitos ou limites críticos do índice de área foliar devido a doenças e pragas que promovem desfolhamentos das plantas, correm maior risco de gerar perda (MALONE; HEBERT JR.; HOUSHOUSER, 2002).

O índice de área foliar (IAF) foi estabelecido inicialmente por Watson (1947), e sugere a representação da unidade de área de folhas por unidade de área de terreno, sendo uma medida adimensional, sendo utilizado para determinar a capacidade do dossel da planta em interceptar os raios solares e os converterem em matéria seca através de processo fotossintético, podendo medir assim, o potencial produtivo da cultura.

A estimativa da área foliar pode ser obtida por métodos destrutivos e os não destrutivos, sendo este último mais adequado para grandes áreas de dimensões foliares, com uso de imagens digitais e uso de discos foliares (BIANCO et al., 2005).

A correlação entre IAF e produtividade estabelecida por Malone; Hebert Jr.; Houshouser, (2002) apontam que há um valor crítico a ser considerado, sendo que acima deste não há relação significativa entre o índice de área foliar e o rendimento da planta. Estes autores também mostram que a soja com grandes copas pode tolerar uma grande quantidade de desfolha, sem qualquer perda significativa de produtividade em comparação com a soja com copas menores. Fatores de manejo como a época de semeadura, genótipo, densidade de plantas e manejo fitossanitário podem alterar a evolução do IAF durante o ciclo de crescimento da cultura da soja. Estes autores afirmam também que entre os fatores de manejo que definem um IAF ótimo de uma lavoura, e que podem ser definidos pelo produtor, destaca-se o grupo de maturidade relativa e a época de semeadura.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O estudo teve como objetivo principal estimar o índice de área foliar (IAF) de dois cultivares de soja cultivados em duas épocas de semeadura em área de Cerrados do Estado do Tocantins. E também,

realizar análise estatística, por meio da regressão linear, com o objetivo de obter uma equação para tentar explicar a variação do IAF (dependente) ao longo do tempo (dias) ao longo do ciclo das cultivares de soja estudadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no ano-safra 2016/17, em uma área experimental de Latossolo Vermelho amarelo distrófico típico, localizada na fazenda Boa Esperança, município de Aparecida do Rio Negro, Estado do Tocantins, nas coordenadas 10°00'41'' S e 48°09'25'' O, e altitude de 535 metros. A região apresenta clima Aw (tropical seco), com temperatura média anual de 26,6 °C e 1.619 mm de chuva média anual. O solo da área foi classificado como um. Foram registrados dados de precipitação pluvial (mm.dia⁻¹), temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar, além de temperatura e umidade do solo nas profundidades de até 0,60 m. Os índices de chuva e temperatura estão apresentados na Figura 1.

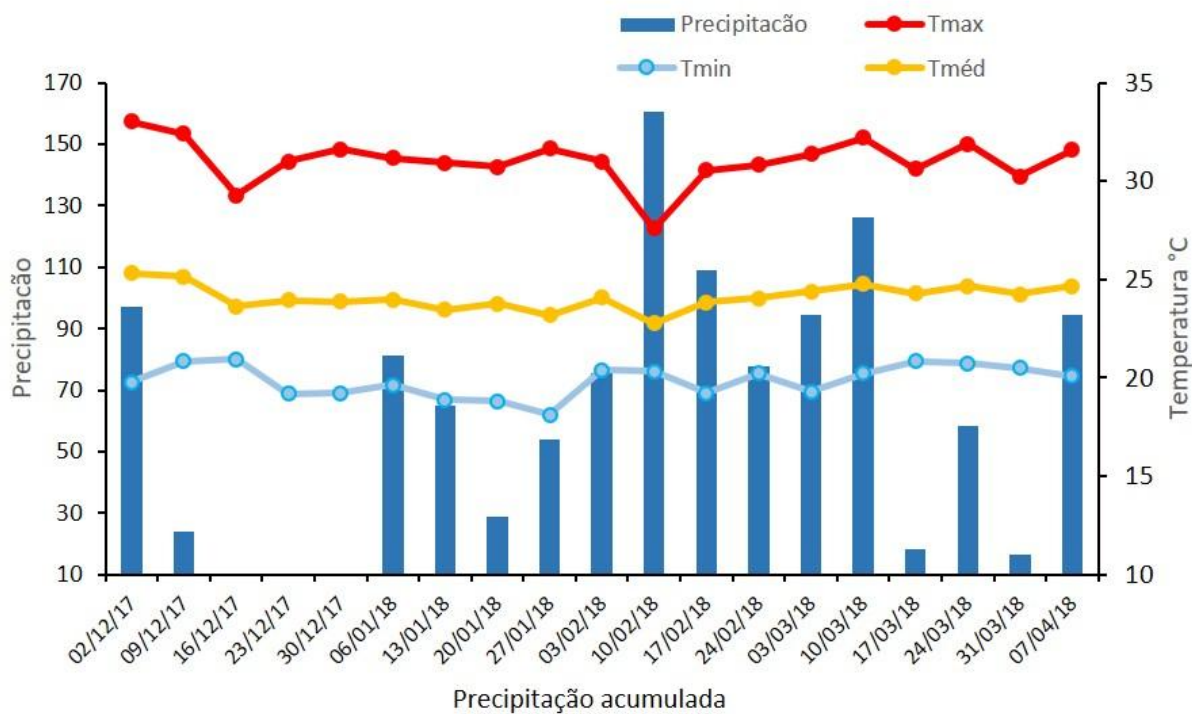


Figura 1. Valores diários de temperatura mínima, média e máxima (°C) e precipitação (mm) acumulada a cada 7 dias durante o período de cultivo da soja.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), o sistema de plantio foi o plantio direto, e a soja foi semeada com espaçamento de 0,50 m entre linhas e densidade de semeadura de 13 sementes por metro para as duas cultivares. Foram cultivadas as cultivares BRS 8980IPRO, de ciclo tardio, hábito de crescimento determinado e grupo de maturação 8.9; e a BÔNUS IPRO (BRASMAX 8579), de ciclo precoce, hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 7.9. As cultivares foram semeadas em duas épocas, sendo a primeira no dia 16/11/2017 e a segunda em 19/12/2017.

A avaliação do ciclo de desenvolvimento foi realizada semanalmente, e para a avaliação de crescimento das plantas por biometria, foram realizadas 7 coletas de plantas na primeira época, a cada 15 dias; e 5 coletas na segunda. Em cada parcela foram selecionadas 4 amostras de 1m², sendo sorteadas 3 plantas de cada parcela para a medição do IAF com o uso do Integrador de Área Foliar Licor 3100 e pesagem úmida. Posteriormente, os IAF obtidos foram extrapolados para a área amostral (1m²). Assim: $IAF = (\text{Peso Fresco Total [g]} / \text{Peso Fresco Amostral [g]}) * (1 / \text{Área Amostrada [m}^2]) * \text{Área Foliar [m}^2]$.

Os dados de IAF medidos em campo foram submetidos à análise estatística por meio de função de regressão linear objetivo de obter uma equação para tentar explicar a variação do IAF durante o ciclo das cultivares estudadas.

A colheita da cultivar BÔNUS, semeada na primeira época, ocorreu no dia 08/03/18, e para a semeada na segunda época foi em 05/04/18. A cultivar BRS 8980IPRO foi colhida nos dias 29/03/18 e 13/04/18 para a primeira e segunda épocas de semeadura, respectivamente. A cultivar BÔNUS, semeada na primeira época, apresentou ciclo de 112 dias e rendimento médio de 3.285 Kg.ha⁻¹; enquanto na segunda época o ciclo foi de 107 dias e rendimento médio de 2.943 Kg.ha⁻¹. A cultivar BRS 8980IPRO apresentou ciclo de 133 dias e rendimento de 3.558 Kg.ha⁻¹, na primeira época e ciclo de 115 dias e rendimento médio de 1.363 Kg.ha⁻¹, na segunda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices de área foliar (IAF) obtidos e a função ajustada pelo modelo de regressão linear estão apresentados nas Figuras 2 e 3. A figura 2 apresenta os índices de área foliar (IAF) da cultivar BRS 8980IPRO cultivada em duas épocas. Os pontos em destaque são referentes aos valores observados nos dias após semeadura (DAS). Como pode ser observado, quando submetidos à análise estatística por meio de regressão linear, a função de segundo grau foi a que apresentou melhor ajuste aos dados de IAF medidos em campo.

Observa-se curva de desenvolvimento vegetativo superior para a BRS 8980IPRO semeada na primeira época, mês de novembro, em comparação à semeadura em dezembro (segunda época), também aqui, com redução de ciclo vegetativo. Enquanto foi obtido IAF máximo de 8,5 por volta de 65 DAS na época 1, o que coincide com o início do período reprodutivo observado em campo, com a cultivar em R4 nos 70 DAS. Esse valor diminuiu sensivelmente para 5,5 por volta de 60 DAS para a soja semeada na época 2. Ainda, as curvas de tendência apresentaram bons ajustes, com coeficientes de determinação (R^2) de 0,98 e 0,95 nas épocas 1 e 2 de semeadura, respectivamente.

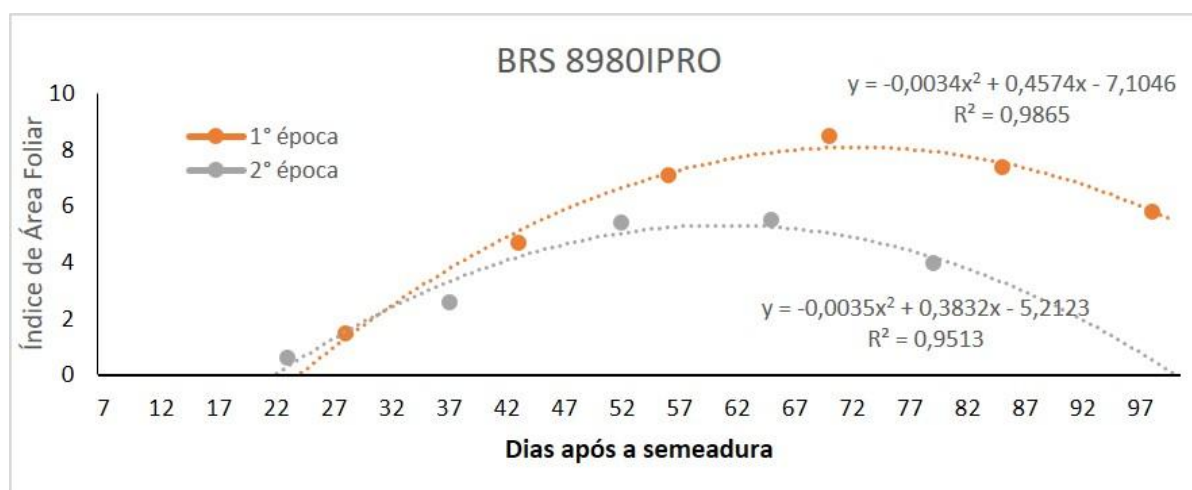


Figura 2. Índice de Área Foliar (IAF) da cultivar BRS 8980IPRO semeada em duas épocas.

Os resultados apresentados para a cultivar BRASMAX 8579 (Bônus) estão apresentados na Figura 3, onde observa-se maior desenvolvimento vegetativo e comprimento de ciclo para a semeadura em novembro. O IAF máximo medido quando do primeiro cultivo, atingiu índice de 8,3 aos 70 DAS, reduzindo para aproximado 6,6 após ajustada a função de regressão. No cultivo com semeadura em dezembro, observa-se valores e curva ajustada de IAF consideravelmente inferiores, com máximo ao redor de 4,3 aos 60 DAS, além da redução do ciclo em aproximados 5 dias. Por outro lado, o coeficiente de ajuste (R^2) obtido para a segunda época foi sensivelmente superior ao do primeiro plantio, com índices de 0,97 e 0,8, respectivamente.

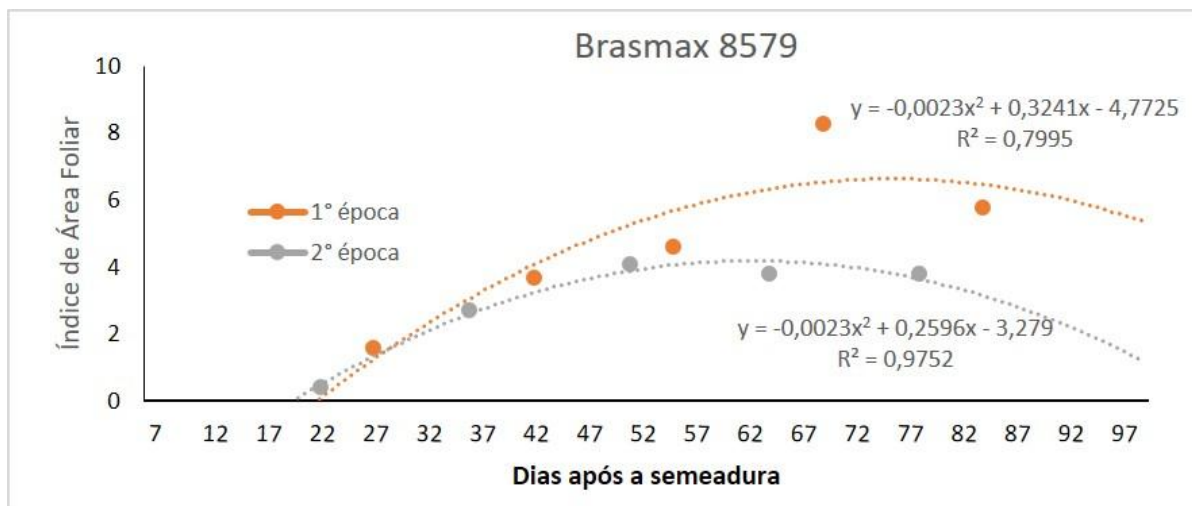


Figura 3. Índice de Área Foliar (IAF) da cultivar Brasmax 8579 semeada em duas épocas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As cultivares BRS 8980IPRO e Bônus apresentaram IAF consideravelmente superiores nos cultivos realizados em novembro, primeira época de semeadura.

A cultivar BRS 8980IPRO apresentou IAF superior à Bônus tanto nos cultivos na primeira época, em novembro, quanto na segunda época de semeadura, em dezembro.

Foi possível obter uma equação para explicar a variação do IAF, variável dependente, ao longo DAS, durante o ciclo de desenvolvimento das cultivares de soja estudadas. Foram obtidos coeficientes de determinação (R^2) de 0,8 e 0,97 para o Bônus em primeira e segunda épocas, respectivamente, e de 0,98 e 0,95 para a cultivar BRS 8980IPRO semeadas em novembro e dezembro, respectivamente, indicando que o modelo proposto é adequado para descrever a variação do IAF nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; EVANGELISTA, S. R.; PILLAU, F. G.; FARIAS, J. R. B. F.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 615-625, 2007.

BIANCO, S. et al. **Estimativa da área foliar de Brachiaria plantaginea usando dimensões lineares do limbo foliar**. Planta Daninha, v.23, n.4, p.597-601, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010083582005000400006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 05 jul. 2018.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 8 p. 2007. (Embrapa Soja. Circular técnica, 48).

MALONE, S.; HERBERT JR, D. A.; HOLSHOUSER, D. L. Relationship between leaf area index and yield in double crop and full-season soybean systems. **Journal of Economic Entomology**. Vol. 95, n. 5, p. 945-951, 2002.

WATSON, D.J. **Comparative physiological studies on the studies on the growth of field crops. II – The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area**. Annals of Botany. London, v.11, n. 44, p. 375-407, 1947b.

BENICASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

COMPARAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA ESTIMADA PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH PARA ITAITUBA/PA E SINOP/MT

Julio Cesar Vieira Frare¹; Whesley Thiago Dos Santos Lobato¹; Ewelyn Regina Rocha Silva¹; Denis de Pinho Sousa¹; Carmen Grasiela Dias Martins¹
Autor para correspondência: jcvfrare@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

O método de Penman-Monteith, adotado como padrão pela FAO a partir de 1990, permite estimar a quantidade total de água transferida para a atmosfera por evapotranspiração em uma unidade de tempo de uma superfície coberta de vegetação em condições sem déficit hídrico, revelando a necessidade hídrica ou a taxa de evapotranspiração de referência desta superfície com base em uma cultura padrão, em condições pré-estabelecidas. Uma aplicação prática deste método é a determinação da lâmina de água que precisaria ser fornecida via irrigação para repor o volume de água transpirado por uma certa cultura em um determinado período de tempo, evitando assim as consequências de um estresse hídrico. O objetivo deste trabalho foi comparar a estimativa de evapotranspiração de referência diária entre dois municípios da Amazônia brasileira, Itaituba/PA e Sinop/MT. Para tanto, o presente estudo analisou uma série de dados provenientes de estações meteorológicas coletada entre 15 de junho de 2008 e 01 de maio de 2018. A partir dos valores calculados pode-se afirmar que a evapotranspiração de referência dos dois municípios brasileiros são bastante semelhantes, apesar das diferentes condições climáticas de cada localidade.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração; Amazônia; irrigação

COMPARISON OF DAILY REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATED BY THE PENMAN-MONTEITH METHOD FOR ITAITUBA/PA AND SINOP/MT

ABSTRACT

The Penman-Monteith method, adopted as a standard by the FAO in 1990, allows the estimation of the total amount of water transferred to the atmosphere by evapotranspiration per unit of time from a covered soil in a non water deficit conditions, addressing the need for water or the evapotranspiration rate based on a standard crop under predetermined conditions. The application of this method is the determination of the water depth that is required through irrigation to report the volume of water transpired by a certain crop over a given period of time, thus avoiding the consequences of water stress. The aim of this study was to compare the daily reference evapotranspiration estimated between two municipalities of the Brazilian Amazon, Itaituba / PA and Sinop / MT. Therefore, the present study analyzed a series of data from meteorological stations collected between June 15, 2008 and May 1, 2018. From the calculated data it can be stated that the reference evapotranspiration of the two Brazilian municipalities are quite similar, despite the diverse climatic conditions of each locality.

KEY-WORDS: evapotranspiration; Amazon; irrigation

INTRODUÇÃO

Métodos que visam quantificar a evapotranspiração são importantes para estimar a totalidade da água evaporada por uma determinada superfície de solo que, por conter plantas, transfere também água para a atmosfera através do processo de transpiração. Uma aplicação prática destes métodos é a determinação da lâmina de água que precisaria ser fornecida via irrigação para repor o volume de água transpirado por uma cultura agrícola em um determinado período de tempo, evitando assim as consequências de um estresse hídrico (BEZERRA et al., 2008).

Diversos cálculos para estimar a evapotranspiração das culturas foram propostos por pesquisadores ao longo dos anos. Em 1948, Howard Penman levou em consideração aspectos radiativos e aerodinâmicos para sugerir uma inovadora maneira de calcular a evapotranspiração potencial de determinada cultura. Este cálculo, porém, não considerava a função de resistência que uma superfície qualquer enfrentaria para a transferência de vapor d'água. Foi neste sentido que mais tarde John Monteith modificou a equação original de Penman, inserindo a resistência aerodinâmica e a resistência do dossel ao fluxo de vapor d'água no cálculo, estabelecendo assim o método Penman-Monteith, adotado atualmente como padrão pela FAO, desde 1990 (ALLEN et al, 1990).

Desde então, diversas correções propostas por diferentes autores contribuíram para uma maior precisão das equações disponíveis para o cálculo da evapotranspiração, sendo no Brasil método de Penman-Monteith bastante utilizado, ainda que o desempenho do método varie em função das condições climáticas locais, que são naturalmente heterogêneas em um país de dimensões continentais como o Brasil (ALMEIDA et al., 2010).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi estimar e comparar a evapotranspiração de referência entre dois municípios localizados na fronteira agrícola do país, Sinop e Itaituba, e que são importantes produtores de soja, para que fosse possível verificar as diferentes condições climáticas destes municípios e quantificar a necessidade de irrigação em cada caso, a partir de dados coletados em um período aproximado de dez anos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo analisou uma série de dados provenientes de estações meteorológicas automáticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), coletados entre 15 de junho de 2008 e 01 de maio de 2018 para os municípios de Sinop, no estado de Mato Grosso (Latitude -11,8608, Longitude -55,5095) e Itaituba, no Pará (Latitude -4,2671, Longitude -55,9931). Foram analisadas as médias mensais dos parâmetros “velocidade do vento”; “umidade relativa do ar”; “temperatura do ar”; “pressão de saturação de vapor”, (e_s); “pressão parcial de vapor”, (e_a) e pressão atmosférica (m_b), a partir dos quais foram calculados o “déficit de pressão de vapor”, (d_{pv}), com a subtração de e_s menos e_a ; a função $f(u)$ a partir da velocidade do vento, conforme equação 1; e o “Poder Evaporante do ar” (E_a), a partir de $f(u)$ e d_{pv} .

Equação de $f(u)$ (Equação 1):

$f(u) = m(a + bu)$, em que $m = 2,62 \text{ mm.d}^{-1} \cdot \text{Kpa}^{-1}$, $a = 1$ e $b = 0,526 \text{ s.m}^{-1}$

O saldo de radiação (em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$) foi calculado utilizando-se a distância inversa relativa entre a terra e o sol (calculado em função das datas); declinação solar (em radianos); ângulo horário ao nascer do sol (em radianos); duração do dia (em horas); radiação solar incidente no topo da atmosfera (em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$); radiação solar incidente na superfície em um dia de céu perfeitamente limpo (estimada em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$); saldo de radiação de ondas curtas (em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$, considerando albedo de 23%) e saldo de radiação de ondas longas (em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$) em valores diários médios no período analisado.

A Evapotranspiração de referência foi então obtida a partir dos parâmetros calculados conforme o método de Penman-Monteith, descrito pela equação a seguir:

Equação adaptada de Penman-Monteith para escala diária (Equação 2):

Em que

$ET0$ = a evapotranspiração de referência ($ET0$) em mm/d;

Rn = Saldo de radiação em MJ/m^2

G = fluxo de calor no solo em MJ/m^2 (aqui considerado como 5% de Rn)

γ = coeficiente psicrométrico em $Kpa^{\circ}C$ (0,067)

$(es - ea)$ = Deficit de pressão de vapor d água em Kpa

U_2 = velocidade do vento medida a 2m em m/s

Δ = Inclinação da curva de saturação do ar em $Kpa^{\circ}C$, calculada a partir de:

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados podemos afirmar que as duas localidades em questão apresentam temperatura média bastante diferente, sendo Itaituba, PA, aproximadamente 2 graus mais quente que Sinop/MT, conforme mostra a Figura abaixo (Figura 1):

Figura 1. Temperatura média em graus Celsius para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Temperatura média em graus Celsius para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

A partir da análise da figura é possível observar um aumento significativo da Temperatura média a partir do mês de julho para ambos os municípios, coincidente com o início da estação menos chuvosa, que inclui os meses de agosto, setembro e outubro, com a temperatura máxima no mês de setembro, chegando a 27,3 °C em Sinop e 28,6°C em Itaituba. As altas temperaturas do período seco também estão relacionadas a uma menor umidade relativa do ar, conforme mostra a figura 2.

Figura 2. Umidade Relativa do ar em porcentagem para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Figura 2. Umidade Relativa do ar em porcentagem para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Nota-se que a umidade relativa do ar para o município de Sinop no período menos chuvoso é muito menor quando comparada aos valores de umidade de Itaituba. Para se ter uma ideia da variação, tomemos o exemplo do mês de agosto, em que a umidade relativa do ar para Sinop é de 45%, a mais baixa do ano, enquanto que a menor UR de Itaituba, em outubro, é de 68,8%. Esses dados ajudam a explicar a variação no Poder Evaporante do ar, que juntamente dos dados de velocidade do vento constituem-se fatores que afetam significativamente a estimativa de Evapotranspiração de referência, conforme demonstram as figuras a seguir (Figuras 3 e 4).

Figura 3. Variação do Poder Evaporante do ar (Ea) para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Figura 3. Variação do Poder Evaporante do ar (Ea) para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Figura 4. Variação na Velocidade do vento em m/s para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Figura 4. Variação na Velocidade do vento em m/s para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

Conforme demonstram as Figuras 3 e 4, é possível notar a relação direta entre a velocidade do vento e o Poder evaporante do ar (Ea), sendo maiores os valores de Ea quanto maior a velocidade do vento. Para o município de Sinop, a velocidade média do vento no mês de abril é de 1,26 metros por segundo, com máxima de 2,26 m/s no mês de agosto. Paralelamente, no mês de abril os valores de Ea começam a aumentar, sendo de 4,64 MJ/m²/dia, com máxima de 14,02 MJ/m²/dia também em agosto. No município de Itaituba, a amplitude de variação dos parâmetros é bem menor, com máximas para a velocidade do vento nos meses de setembro e outubro ao redor de 1,1 m/s e de 6,4 MJ/m²/dia de Ea no mesmo período. O emprego dos parâmetros discutidos nas Figuras de 1 a 4 permitem estimar a evapotranspiração de referência (ET₀) para os municípios em questão a partir da utilização do método de Penman-Monteith, conforme apresentado abaixo (Figura 5).

Figura 5. Estimativa da Evapotranspiração de Referência em mm/dia pelo método de Penman-Monteith para os municípios de Sinop/MT e Itaituba/PA no período de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

O método de Penman-Monteith, adotado como padrão pela FAO a partir de 1990, permite estimar a quantidade total de água transferida para a atmosfera por evapotranspiração em uma unidade de tempo de uma superfície extensa, completamente coberta de vegetação de porte baixo e altura uniforme em condições sem déficit hídrico, e levando-se em consideração os dados de resistência aerodinâmica e a resistência do dossel ao fluxo de vapor d'água. De acordo com os cálculos realizados, o valor de ET₀ acumulado para o período médio dos anos analisados mostra a necessidade hídrica ou a taxa de evapotranspiração de referência com base em uma cultura padrão (grama) em condições pré-estabelecidas, ou seja, a uma altura de 0,12m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s/m e albedo de 0,23.

A partir do gráfico acima, podemos afirmar que os valores calculados de evapotranspiração de referência para os municípios em questão são bastante próximos no decorrer do ano, com variação máxima de 0,53 mm/dia, sendo Sinop a localidade que apresenta os menores valores de ET₀ para a maioria dos meses. Apenas nos meses mais secos de julho e agosto, em que o poder evaporante do ar, a velocidade do vento e a temperatura média do ar são as maiores do ano, a ET₀ de Sinop é maior que a de Itaituba, sendo 3,5 contra 3,36 mm no mês de julho e 3,89 contra 3,69 mm em agosto.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Apesar das diferenças consideráveis observadas entre os dois municípios analisados no que se refere aos parâmetros velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e poder evaporante do ar, a evapotranspiração de referência calculada através do método de Penman-Monteith, por levar em consideração outros fatores como o saldo de radiação, sugere que a ET₀ das duas regiões consideradas são bastante próximas uma da outra, com variação máxima de 0,53 mm/dia no período de estudo, de 15 de junho de 2008 a 01 de maio de 2018.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56**, Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). Rome, 1990.

ALMEIDA, B. M.; ARAÚJO, E. M.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, J. B.; ARAÚJO, E. M.; NOGUEIRA, B. R. C. Comparação de método de estimativa de ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2 p.93-98, 2010.

BEZERRA, B. G. de; SILVA, B. B. da; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM-Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**. N 23 (3): 305—317. Scielo Brasil, 2008.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.3, p.456-465, 2011.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA SINOP/MT PELOS MÉTODOS DE PENMAN-MONTEITH E THORNTHWAITE

Julio Cesar Vieira Frare¹; Denis de Pinho Sousa¹; Ewelyn Regina Rocha Silva¹; João Vitor de Nóvoa Pinto¹; Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes¹
Autor para correspondência: jcvfrare@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

O método de Penman-Monteith, adotado como padrão pela FAO a partir de 1990, permite estimar a quantidade total de água transferida para a atmosfera por evapotranspiração em uma unidade de tempo de uma superfície coberta de vegetação em condições sem déficit hídrico, revelando a necessidade hídrica ou a taxa de evapotranspiração de referência desta superfície com base em uma cultura padrão, em condições pré-estabelecidas. Outros métodos, entretanto, podem ser adotados, com mais ou menos sucesso, dependendo da região em que são utilizados. Uma aplicação prática destes métodos é a determinação da lâmina de água que precisaria ser fornecida via irrigação para repor o volume de água transpirado por uma certa cultura em um determinado período de tempo, evitando assim as consequências de um estresse hídrico. O objetivo deste trabalho foi comparar a estimativa de evapotranspiração de referência para o município de Sinop/MT calculada por dois métodos diferentes, Penman-Monteith e Thornthwaite, com base em uma série de dados climatológicos coletados entre junho de 2008 e maio de 2018. O método de Penman-Monteith se mostrou mais eficiente e preciso do que o método de Thornthwaite para estimar a ET₀ diária para o município de Sinop, no Mato Grosso, uma vez que o método de Thornthwaite superestima consideravelmente os valores de ET₀ em até 45%.

PALAVRAS-CHAVE: Thornthwaite; Sinop; Penman-Monteith

ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FOR SINOP/MT BY THE PENMAN-MONTEITH AND THORNTHWAITE METHODS

ABSTRACT

The Penman-Monteith method, adopted as a standard by the FAO since 1990, allows the estimation of the total amount of water transferred to the atmosphere by evapotranspiration per unit of time from a vegetation-covered surface under no water deficit conditions, revealing the need of water or the reference evapotranspiration rate of this surface based on a standard crop, under predetermined conditions. Other methods, however, may be adopted more or less successfully, depending on the region in which they are used. A practical application of those methods is to determine the water depth need to be supplied by irrigation to replenish the volume of water transpired by a certain crop over a given period of time, thus, avoiding the consequences of water stress. The aim of this study was to compare the reference evapotranspiration estimated for the municipality of Sinop/MT calculated by two different methods, Penman-Monteith and Thornthwaite, based on a series of climatological data collected between June 2008 and May 2018. The Penman-Monteith method proved to be more efficient and accurate than the Thornthwaite method for estimating daily ET₀ for Sinop since the Thornthwaite method considerably overestimates ET₀ values by up to 45%.

KEY-WORDS: Thornthwaite; Sinop; Penman-Monteith

INTRODUÇÃO

Métodos que visam quantificar a evapotranspiração são importantes para estimar a totalidade da água evaporada por uma determinada superfície de solo que, por conter plantas, transfere também água para a atmosfera através do processo de transpiração. Uma aplicação prática destes métodos é a determinação da lâmina de água que precisaria ser fornecida via irrigação para repor o volume de água transpirado por uma cultura agrícola em um determinado período de tempo, evitando assim as consequências de um estresse hídrico (BEZERRA et al., 2008; CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

Diversos cálculos para estimar a evapotranspiração das culturas foram propostos por pesquisadores ao longo dos anos. Em 1948, Howard Penman levou em consideração aspectos radiativos e aerodinâmicos para sugerir uma inovadora maneira de calcular a evapotranspiração potencial de determinada cultura. Este cálculo, porém, não considerava a função de resistência que uma superfície qualquer enfrentaria para a transferência de vapor d'água. Foi neste sentido que mais tarde John Monteith modificou a equação original de Penman, inserindo a resistência aerodinâmica e a resistência do dossel ao fluxo de vapor d'água no cálculo, estabelecendo assim o método Penman-Monteith, adotado atualmente como padrão pela FAO, desde 1990 (ALLEN et al, 1990).

Charles Warren Thornthwaite, em 1948, apresentou um método alternativo desenvolvido para calcular a Evapotranspiração de Referência em escala mensal com base em uma cultura pré-estabelecida, o gramado, levando-se em consideração os dados de temperatura média mensal de uma determinada região, parametrizando doze horas de radiação por dia para um mês padronizado de exatos trinta dias de duração, propondo duas equações distintas, dependentes da temperatura média (THORNTHWAITE, 1948).

Desde então, diversas correções propostas por diferentes autores contribuíram para uma maior precisão das equações disponíveis para o cálculo da evapotranspiração, sendo no Brasil método de Penman-Monteith bastante utilizado, ainda que o desempenho do método varie em função das condições climáticas locais, que são naturalmente heterogêneas em um país de dimensões continentais como o Brasil (ALMEIDA et al., 2010).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi estimar a evapotranspiração de referência do município de Sinop, MT, a partir de dois métodos diferentes, Penman-Monteith e Thornthwaite, com base em dados coletados em um período aproximado de dez anos, de 2008 a 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo analisou uma série de dados provenientes de estações meteorológicas automáticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), coletados entre 15 de junho de 2008 e 01 de maio de 2018 para o município de Sinop, no estado de Mato Grosso (Latitude -11,8608, Longitude -55,5095). Foram analisadas as médias mensais dos parâmetros “velocidade do vento”; “umidade relativa do ar”; “temperatura do ar”; “pressão de saturação de vapor”, (e_s); “pressão parcial de vapor”, (e_a) e pressão atmosférica (mb), a partir dos quais foram calculados o “déficit de pressão de vapor”, (dp_v), com a subtração de e_s menos e_a ; a função $f(u)$ a partir da velocidade do vento, conforme equação 1; e o “Poder Evaporante do ar” (E_a), a partir de $f(u)$ e dp_v .

Equação de $f(u)$ (Equação 1):

$f(u) = m(a + bu)$, em que $m = 2,62 \text{ mm.d}^{-1} \cdot \text{Kpa}^{-1}$, $a = 1$ e $b = 0,526 \text{ s.m}^{-1}$

O saldo de radiação (em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$) foi calculado utilizando-se a distância inversa relativa entre a terra e o sol (calculado em função das datas); declinação solar (em radianos); ângulo horário ao nascer do sol (em radianos); duração do dia (em horas); radiação solar incidente no topo da atmosfera (em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$); radiação solar incidente na superfície em um dia de céu perfeitamente limpo (estimada em $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$); saldo

de radiação de ondas curtas (em MJ/m²/dia, considerando albedo de 23%) e saldo de radiação de ondas longas (em MJ/m²/dia) em valores diários médios no período analisado.

Os dados foram utilizados para se chegar à estimativa da Evapotranspiração de referência através de dois métodos distintos, Penman-Monteith e Thornthwaite. Os resultados obtidos pelo método de Thornthwaite para cada mês foram divididos pelo número de dias do mês para se chegar a valores médios diários durante o período. As equações utilizadas em cada uma das estimativas estão identificadas a seguir:

Equação de Thornthwaite:

Segundo Medeiros, 2002, o valor da Evapotranspiração pelo método de Thornthwaite depende da temperatura média do ar. Se a temperatura do ar for menor do que 26,5°C, utiliza-se a seguinte Equação:

$$ET = 16 (10 \times Ta / I)^a \text{ (equação 2)}$$

Em que:

Ta = temperatura média do ar no mês “n” (em °C)

I = índice térmico anual ou índice de calor anual

in = índice térmico do mês “n”

a = constante que varia de acordo com a localidade

ETo = evapotranspiração de referência (mm/dia) para um mês de 30 dias

Caso a temperatura do ar seja maior do que 26,5°C, devemos utilizar a seguinte equação:

$$ET = - 415,85 + 32,24 \times Ta - 0,43 \times Ta^2 \text{ (equação 3)}$$

Em que a somatória $I = \sum in$, sendo o valor de $i = (Ta / 5)^{1,514}$

O valor de *a* = constante, calculada da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,49239 \text{ (Equação 4)}$$

Para se encontrar a *ETo* na base diária basta fazer a seguinte correção:

$$ETo = (ET \times N) / (30 \times 12) \text{ (Equação 5)}$$

Sendo:

ETo = evapotranspiração de referência (mm/mês)

ET = valor calculado pela Equação 1 ou 2

N = fotoperíodo (horas) fornecido de acordo com a latitude local

Equação adaptada de Penman-Monteith para escala diária (Equação 6):

Em que

ET_0 = a evapotranspiração de referência (ET_0) em mm/d;

R_n = Saldo de radiação em MJ/m^2

G = fluxo de calor no solo em MJ/m^2 (aqui considerado como 5% de R_n)

γ = coeficiente psicrométrico em $Kpa/^\circ C$ (0,067)

$(e_s - e_a)$ = Deficit de pressão de vapor d água em Kpa

U_2 = velocidade do vento medida a 2m em m/s

Δ = Inclinação da curva de saturação do ar em $Kpa/^\circ C$, calculada a partir de:

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da comparação dos resultados para valores de Evapotranspiração de Referência para o município de Sinop, no Mato Grosso, através de diferentes métodos apresenta-se os seguintes valores:

Figura 1. Estimativa da Evapotranspiração de Referência (mm/dia) para o município de Sinop/MT pelos métodos de Penman-Monteith e Thornthwaite:

Conforme pode se observar, há uma diferença considerável dos valores de ET_0 quando calculados a partir dos diferentes métodos, sendo as maiores discrepâncias de janeiro a maio, com a maior diferença no mês de janeiro, de 45,4%, e de setembro a dezembro, período em que há uma variação média de 32,2%. Quando se aplica o método de Penman-Monteith, a ET_0 máxima ocorre em agosto, a um valor máximo de 3,89 mm/dia. Para o método de Thornthwaite os valores máximos estão situados entre os meses de agosto a outubro, quando a temperatura média é acima de 26,5°C, coincidente com a alteração do cálculo da estimativa de ET_0 conforme equação 3.

O método de Penman-Monteith, ao contrário do que ocorre com Thornthwaite, leva em consideração para o cálculo da Evapotranspiração de Referência os parâmetros velocidade do vento, umidade relativa do ar e poder evaporante do ar. Nota-se que o método de Penman-Monteith evidencia ou capta corretamente esta mudança nas condições do tempo e corrige a necessidade de água ao passo que o método de Thornthwaite superestima esta variação, por levar em consideração principalmente a temperatura, variando em função desta e não de demais variáveis ambientais (Figura 2). Carvalho et al. (2011) destacam que na ausência de dados de insolação e velocidade do vento para um município na Paraíba, a ET_0 estimada pelo método de Thornthwaite não apresentou resultados satisfatórios na escala diária.

Figura 2. Variação da Evapotranspiração de Referência (mm/dia) para o município de Sinop/MT pelo método de Penman-Monteith em função da Umidade relativa e Poder evaporante do ar.

Nota-se que a partir do mês de junho, o aumento da ET_0 calculada pelo método de Penman-Monteith reflete o aumento do poder evaporante do ar, sendo inversamente proporcional à umidade relativa.

JUNGES (2012) calculou a ET_0 para Sinop por meio de vários métodos, entre os quais Thornthwaite e Penman-Monteith, apresentando valores gráficos bastante semelhantes para os intervalos de 1973 a 1989 e entre 1998 e 2010. Segundo o autor, o método superestima valores de ET_0 na região, notadamente nos meses de setembro a abril, pois o modelo não considera os diferentes valores de umidade e vento, que

interferem na demanda hídrica. MEDEIROS (2002) discute que o método de Thornthwaite considera a evapotranspiração de grandes áreas e que, por considerar apenas a temperatura do ar e desprezar as demais variáveis que fornecem energia para o processo de vaporização, como umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, os valores calculados através deste método não incluem a influência destes fatores na estimativa, tornando-os desta forma menos fidedignos.

Além disso, o método de Thornthwaite tem suas limitações, pois trata-se de um método de estimativa que não considera a radiação solar real, podendo até mesmo subestimar a ET₀ em grande porcentagem, principalmente em regiões mais secas (OLIVEIRA, 1998; VAREJÃO-SILVA, 2005). Portanto, quando analisados os valores calculados de ET₀, observa-se que o método de Thornthwaite, em relação ao de Penman-Monteith, superestima a ET₀ ao longo do ano notadamente em meses em que o poder evaporante do ar é menos elevado, ou seja, a umidade relativa está alta.

Constatou-se uma diferença considerável de 20% no valor de ET₀ anual estimado para o período analisado quando comparados os dois métodos, sendo 1136 mm de acordo com Penman-Monteith e 1420 mm segundo Thornthwaite. Neste sentido, JUNGES (2012), que avaliou a eficácia do método de Thornthwaite em Sinop através do índice de Willmott, proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997), concluiu que o método foi considerado péssimo, não sendo indicado para a região.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O método padrão de cálculo de Evapotranspiração de Referência (ET₀) recomendado pela FAO, o método de Penman-Monteith adaptado, mostrou-se mais eficiente e preciso do que o método de Thornthwaite para estimar a ET₀ diária para o município de Sinop, no Mato Grosso, uma vez que o método de Thornthwaite superestimou consideravelmente os valores de ET₀ para todos os meses do ano, corroborando com a conclusão de outros autores de que o método não é indicado para a região em estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56**, Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). Rome, 1990.

ALMEIDA, B. M.; ARAÚJO, E. M.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, J. B.; ARAÚJO, E. M.; NOGUEIRA, B. R. C. Comparação de método de estimativa de ET₀ na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2 p.93-98, 2010.

BEZERRA, B. G. de; SILVA, B. B. da; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM-Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**. N 23 (3): 305—317. Scielo Brasil, 2008.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1 p.89-97, 1997.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.3, p.456-465, 2011.

JUNGES, T. S. C.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; MODOLO, A. J.; RAMOS, H. da C. Estimativa da evapotranspiração de referência por diferentes métodos para a região de Sinop-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.14, p.516-526, 2012.

MEDEIROS, A. T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE. Tese de doutoramento apresentada na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

OLIVEIRA, R. P. **Cálculo da evapotranspiração de referência**. Portugal, 1998.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, Vol. 38, No. 1. (Jan., 1948), pp. 55-94.

VAREJAO-SILVA, M. A. **Metereologia e Climatologia**. Recife, 2005.

QUALIDADE FISIOLÓGICA DA RÚCULA (*ERUCA SATIVA*) SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.

Lucas de Oliveira Nascimento¹; Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas²; Diego Bispo dos Santos Farias³; Alexsandro da Fonseca de Sousa⁴; Eloy Costa de Mattos⁵
Autor para correspondência: lucasoliveiranasci586@gmail.com

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE; ²UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE; ³UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; ⁴UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE; ⁵Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

A qualidade do produto é um aspecto primordial no mercado e se torna cada vez mais necessário a medição dos atributos nutricionais, químicos e morfológicos dos produtos comercializados. Com isso, a ineficiência no uso da água pode ocasionar um estresse hídrico, causando o não desenvolvimento da planta e a diminuição da sua qualidade. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica da rúcula, submetida a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido na estação experimental Campus Rural do Centro de Ciências Agrárias Aplicadas, da Universidade Federal de Sergipe- UFS, localizada no município de São Cristovão-SE. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro lâminas de irrigação 25%, 50%, 75%, 100 % que estão sendo obtidas em função da evapotranspiração da cultura obtida diariamente através de dados fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), com 2 repetições. As variáveis analisadas foram: coloração das folhas, massa fresca e seca da parte aérea, sólidos solúveis e área foliar. Houve efeito significativo para as variáveis: massa fresca e seca da parte aérea, sólidos solúveis e área foliar. As lâminas de irrigação tiveram influência sobre o fator coloração. Para as variáveis, massa fresca e área foliar as lâminas de 100% e 75% apresentaram os melhores resultados e para os fatores sólidos solúveis e massa seca a lâmina de 75% se sobressaiu.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade; irrigação; *Eruca Sativa*

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF RÚCULA (*ERUCA SATIVA*) SUBMITTED TO DIFFERENT IRRIGATION

ABSTRACT

The quality of the product is a key aspect in the market and it becomes increasingly necessary to measure the nutritional, chemical and morphological attributes of the marketed products. Thus, the inefficiency in the use of water can cause a water stress, causing the non-development of the plant and the decrease of its quality. Therefore, the objective of this work was to evaluate the physiological quality of the arugula, submitted to different irrigation slides. The experiment was conducted at the Campus Rural experimental station of the Center for Applied Agricultural Sciences, Federal University of Sergipe - UFS, located in the municipality of São Cristovão-SE. The experimental design was a randomized complete block design with four 25%, 50%, 75%, 100% irrigation slides that are being obtained as a function of the evapotranspiration of the crop obtained daily through data provided by INMET (National Institute of Meteorology) with 2 replicates. The analyzed variables were: leaf color, fresh and dry mass of shoot, soluble solids and leaf area. There were significant effects for the variables: fresh and dry mass of shoot, soluble solids and leaf area. Irrigation slides influenced the staining factor. For the variables, fresh mass and leaf area the 100% and 75% blades presented the best results and for the solid soluble and dry matter factors, the 75% blade was outstanding.

KEY-WORDS: Quality; Irrigation; *Eruca Sativa*

INTRODUÇÃO

Dentro da família Brassicaceae destacam-se algumas espécies de hortaliças devido a sua considerável importância econômica. Dentre essas espécies está a Rúcula (*eruca sativa* L.), a qual é bastante consumida em saladas sendo fonte de Vitamina C e ferro dentre outros nutrientes (PURQUERIO; TRANI, 2014).

Mesmo não sendo a hortaliça mais plantada ou consumida no Brasil, desde o final da década de 90 a rúcula vem ganhando espaço no mercado (PURQUERIO, 2007). Analisando o estado de São Paulo, que segundo CAMARGO FILHO & MAZZEI (2001) é responsável por cerca de 60% da produção de hortaliças do país, entre os anos de 1997 e 2003 houve um acréscimo de 78% na quantidade de rúcula comercializada, ainda, no ano de 2017 foram comercializadas 4.104 toneladas de rúcula no estado (CEAGESP). Deste modo, levando em consideração a potencialidade da cultura e a falta de estudos científicos a respeito da sua produção, é imprescindível que novos métodos sejam pensados para aumentar a qualidade e produtividade dessa hortaliça.

A rúcula é uma hortaliça folhosa herbácea de rápido crescimento vegetativo e ciclo de cultivo curto (PURQUERIO, 2005). As hortaliças de ciclo curto são muito exigentes em água, porém a plantação em épocas de chuvas torrenciais ou a irrigação excessiva podem causar dano à cultura, principalmente porque favorece o tombamento da planta, doença causada por fungos de solo (PURQUERIO; TRANI, 2014). Com isso a época de plantio mais indicada é entre os meses de março a junho, período mais seco, e assim o manejo correto da irrigação pode minimizar os problemas fitossanitários.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Diante disso, esse estudo teve o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica da rúcula submetida a diferentes lâminas de irrigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental Campus Rural do Centro de Ciências Agrárias Aplicadas, da Universidade Federal de Sergipe - UFS, área inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Poxim, localizada no município de São Cristóvão – SE, a 15 km de Aracaju, cujas coordenadas geográficas são: 10° 55' 29" de latitude sul e 37° 11' 58" de longitude oeste. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro lâminas de irrigação 25%, 50%, 75%, 100 % que estão sendo obtidas em função da evapotranspiração da cultura obtida diariamente através de dados fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), com 2 repetições. A unidade experimental é constituída por uma linha de nove metros de comprimento, e a área útil de cada parcela, composta por 6 metros da fileira central. A cultura implantada foi a rúcula Folha Larga (*Eruca sativa*). As variáveis analisadas foram: coloração das folhas, massa fresca e seca da parte aérea, sólidos solúveis e área foliar. Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional: Sistema para Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da tabela 1, a variável luminosidade (L) não apresentou diferença estatística. Enquanto que A* e B* coordenadas cromáticas se diferiram estatisticamente. Os fatores, massa fresca e seca da parte aérea, sólidos solúveis e área foliar demonstraram efeito significativo, ou seja, as diferentes lâminas de irrigação tiveram influência sobre todas as variáveis.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis estudadas.

FV	QUADRADOS MÉDIOS						
	L	A	B	MF	MS	SS	AF
Lâmina	3.585913	7.863483*	18.745150*	1563.908333*	24.041083*	1.30833*	153607.692913 *
Erro	1.356487	0.205025	1.124425	40.307500	0.03492	0.03250	4797.030938
CV (%)	2.79	3.45	5.29	14.98	1.89	20.60	15.19

FV-fonte de variação; L-luminosidade; A-coordenada vermelho/verde; B-coordenada amarelo/azul; MF-massa fresca; MS-massa seca; SS- sólidos solúveis; AF- área foliar; *-significativo a 5% de probabilidade.

Diante da tabela 2, é demonstrado que L não sofreu interação das lâminas de água. Esta variável é calculada numa escala de 0 a 100, cujos valores mais baixos indicam uma baixa refletância da luz, ou seja, indicam folhas de rúcula com coloração mais escura em todos tratamentos. Quanto a variação verde/vermelho significativa a 5% houve um decréscimo gradativo respondendo ao incremento no volume de água irrigado, esse decréscimo é algo interessante já que valores inferiores se aproximam mais das tonalidades verdes e a aproximação do valor de A* à zero significa uma perda da coloração verde, o que não é interessante para a cultura. A variação azul/amarelo também foi significativa, ocorrendo um acréscimo a medida que o volume de água aumentou. Os valores baixos de B* representam tons de amarelo, significando que as lâminas de 25% e 50% podem ter causado estresse hídrico nas plantas. A variável massa fresca teve resultados superiores nas duas maiores aplicações de água, isso deve ser devido a alta umidade presente nas plantas e que influencia diretamente nesse parâmetro. Para a massa seca o tratamento com 75% da evapotranspiração apresentou um resultado superior. As lâminas de 75% e 100% não apresentaram diferença estatística para a variável área foliar, aspecto importante se tratando de uma folhosa. Para a variável sólidos solúveis a lâmina de 100% se destacou das demais apresentando 2,05 Brix, valor próximo ao encontrado por Nunes (2011), avaliando a vida útil da rúcula no sistema orgânico, observou média de 3,32 Brix de sólidos solúveis.

Tabela 2. Médias das variáveis estudadas, em função da lâmina de irrigação.

Tratamentos	Valores médios						
	L	A	B	MF	MS	SS	AF
25%	40.315a	-10.270a	16.095a	12.95a	5.035a	0.20a	102.595a
50%	43.570a	-13.265b	20,040ab	25.15a	10.530b	0.65a	386.560b
75%	41.745a	-14.650b	20.525b	72.60b	13.295c	0.60a	742.975c
100%	40.315a	-14.265b	23.550b	58.80b	10.590b	2.05b	591.425bc
CV (%)	2.79	3.45	5,29	14.98	1.89	20.60	15.19

*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As lâminas de irrigação tiveram influência sobre o fator coloração.

Para as variáveis, massa fresca e área foliar as lâminas de 100% e 75% apresentaram os melhores resultados e para os fatores sólidos solúveis e massa seca a lâmina de 75% se sobressaiu.

As lâminas de irrigação possuem influência na qualidade fisiológica da rúcula.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R. Mercado de verduras: planejamento estratégia e comercialização. Informações econômicas. São Paulo, v.31, n.3, p.45-54, 2001.

Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo. Rúcula. Disponível em <<http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/rucula-2/>>. Acesso em 28 de junho de 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

NUNES, C.J. **Qualidade e vida útil da rúcula orgânica armazenada sob refrigeração**. 56f. 2011. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Federal do Acre, Rio Branco-AC, 2011.

PURQUERIO, L. F. V. Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 25, n. 3, p. 464-470, jul./set. 2007.

PURQUERIO, L.F.V.; TRANI, P.E. Rúcula. In: AGUIAR A.T.E.; GONÇALVES C.; PATERNIANI M.E.A.G.Z.; TUCCI M.L.S.; CASTRO C.E.F. (Ed.) Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7ª ed. rev. e atual. Campinas: IAC, 2014. p.362-364. (Boletim IAC, nº 200).

CLASSIFICAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-4

Mirabor José Leite Júnior¹; Karla da Silva Rocha^{1,2,3}
Autor para correspondência: mirabor@outlook.com

¹Universidade Federal do Acre; ²University of Florida; ³Laboratório de Geoprocessamento da UFAC

RESUMO

A degradação de pastagens é um dos principais problemas encontrados na pecuária, comprometendo o desempenho animal e a rentabilidade dos sistemas de produção. Neste sentido, as geotecnologias e, em especial, o sensoriamento remoto, vem se tornando uma importante ferramenta no monitoramento dos recursos naturais, sobretudo no acompanhamento da ocupação e uso do solo. Assim, considerando o potencial destas tecnologias, o presente estudo procurou responder às seguintes perguntas: Imagens orbitais de média resolução ajudam na identificação de diferentes níveis de degradação de pastagens? Dados de campo auxiliam na validação das técnicas de sensoriamento remoto para determinar níveis de pastagens degradadas? Para responder a estas perguntas, fez-se uso de imagem do satélite CBERS-4 adquirida no Catálogo de Imagens do INPE, bem como a coleta de dados de campo com uso do GPS. A imagem foi classificada utilizando técnicas de interpretação visual e produto do NDVI. Desta maneira, a partir do cruzamento de informações adquiridas em campo com dados obtidos da imagem, foram definidas quatro classes de degradação: leve, moderado, forte e muito forte. Com base nas análises realizadas, foi possível concluir que a utilização de imagens de satélite em cruzamento com dados coletados em campo possibilita a geração de informações valiosas e precisas na identificação de pastagens degradadas. Portanto, o sensoriamento remoto através do uso de imagens de satélite de média resolução pode servir como subsídio no monitoramento de pastagem auxiliando na tomada de decisão, desempenhando papel decisivo para a modernização da pecuária brasileira e, conseqüentemente, elevando o patamar de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Pecuária; Processamento de Imagem; Sensoriamento Remoto

CLASSIFICATION OF DEGRADED PASTURES USING CBERS-4 SATELLITE IMAGES

ABSTRACT

The degradation of pastures is one of the main problems encountered in livestock, compromising animal performance and profitability of production systems. In this sense, geotechnology and, in particular, remote sensing, is becoming an important tool in monitoring of natural resources, especially in monitoring the occupation and land use. So, considering the potential of these technologies, the present study sought to answer the following questions: Orbital images of medium resolution help to identify different levels of pastures degradation? Field data assist in the validation of remote sensing techniques to determine levels of degraded pastures? To answer these questions, there was use of CBERS-4 satellite image acquired at INPE's Image Catalog, as well as the collection of field data with GPS use. The image was classified using visual interpretation techniques and product of NDVI. In this way, from the crossing of information acquired in the field with data obtained from the image, four classes of degradation were defined: light, moderate, strong and very strong. Based on the analyzes, it was possible to conclude that the use of satellite images at crossing with data collected in the field allows the generation of valuable and accurate information in the identification of degraded pastures. Therefore, remote sensing through the use of medium resolution satellite

images can serve as a subsidy in pasture monitoring, helping decision making, playing a decisive role in the modernization of Brazilian livestock production and, consequently, raising production levels.

KEY-WORDS: Livestock; Image Processing; Remote Sensing

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de carne bovina do mundo, com um rebanho que ultrapassa 215 milhões de cabeças (IBGE, 2017). No entanto, a degradação de pastagens é um dos principais problemas encontrados na pecuária brasileira, comprometendo o desempenho animal e a rentabilidade dos sistemas de produção. Dos mais de 200 milhões de hectares de pastagens nativas ou cultivadas no país, 80% encontram-se com algum grau de degradação – sendo boa parte já em estágio avançado, prejudicando a produtividade do setor e refletindo diretamente no bolso do produtor (EMBRAPA, 2017).

Se por um lado a quantidade de áreas degradadas é grande, por outro existe um número reduzido de pecuaristas recuperando suas pastagens ou até mesmo preocupados com o problema (KICHEL et al., 1999). Isso ocorre porque o custo de recuperação de pastagens é alto, fazendo com que a maioria dos criadores de animais procure explorar novas áreas ao invés de reverter a situação das pastagens que já foram degradadas. Isto gera um aumento na pressão sobre a área de floresta e, conseqüentemente, nas taxas de desmatamento. Tornando assim, a degradação de pastagem um desafio para o pecuarista aliado a sustentabilidade econômica e ambiental.

Segundo Dias-Filho (2007), a degradação de pastagem pode ser definida como a queda da produtividade de forma acentuada e contínua ao longo do tempo. No processo de degradação as pastagens perdem o vigor e a capacidade de recuperação natural, reduzindo sua produtividade, qualidade e comprometendo a capacidade de lotação de unidades de animal por hectare. Ao atingir um estágio mais avançado, essa degradação pode gerar prejuízos também aos recursos naturais, como problemas de infiltração de água, compactação e erosão do solo, entre outros (MACEDO, 1995).

Assim, considerando que uma boa parte das pastagens cultivadas no Brasil encontra-se com algum nível de degradação (KICHEL et al. 1999), este estudo visa o monitoramento destas áreas principalmente visando seu uso sustentável. Neste sentido, o uso e aplicação das geotecnologias, especialmente o sensoriamento remoto (SR), vem crescendo e se tornando uma excelente ferramenta no monitoramento de pastagens a partir do uso de imagens de satélite, conquistando diversos mercados, principalmente no campo das ciências agrárias. Portanto, considerando o potencial das geotecnologias, o presente estudo procurou responder as seguintes perguntas: Imagens orbitais ajudam na identificação de diferentes níveis de degradação de pastagens? Dados de campo auxiliam na validação das técnicas de sensoriamento remoto para determinar níveis de pastagens degradadas?

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes classes de degradação de pastagens a partir de imagens de sensores remotos multiespectrais de média resolução, obtidos de plataformas orbitais. Especificamente, procurou-se produzir mapas de uso e cobertura da terra utilizando imagem do satélite CBERS-4; gerar índices de vegetação (NDVI) para área de abrangência do estudo; e gerar informações de campo para validação da classificação de uso da terra e níveis de pastagens degradadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Fazenda Boa Esperança, localizada no município Bujari - AC. Seu acesso se dá pela rodovia federal BR-364. O local possui uma área total de 8.206,465 hectares, onde aproximadamente 3

mil hectares são destinados às pastagens. A Figura 1 mostra a localização espacial da área de estudo. A Figura 2, mostra o fluxograma metodológico utilizado na execução deste trabalho. Cada etapa foi de fundamental importância para obtenção dos resultados.

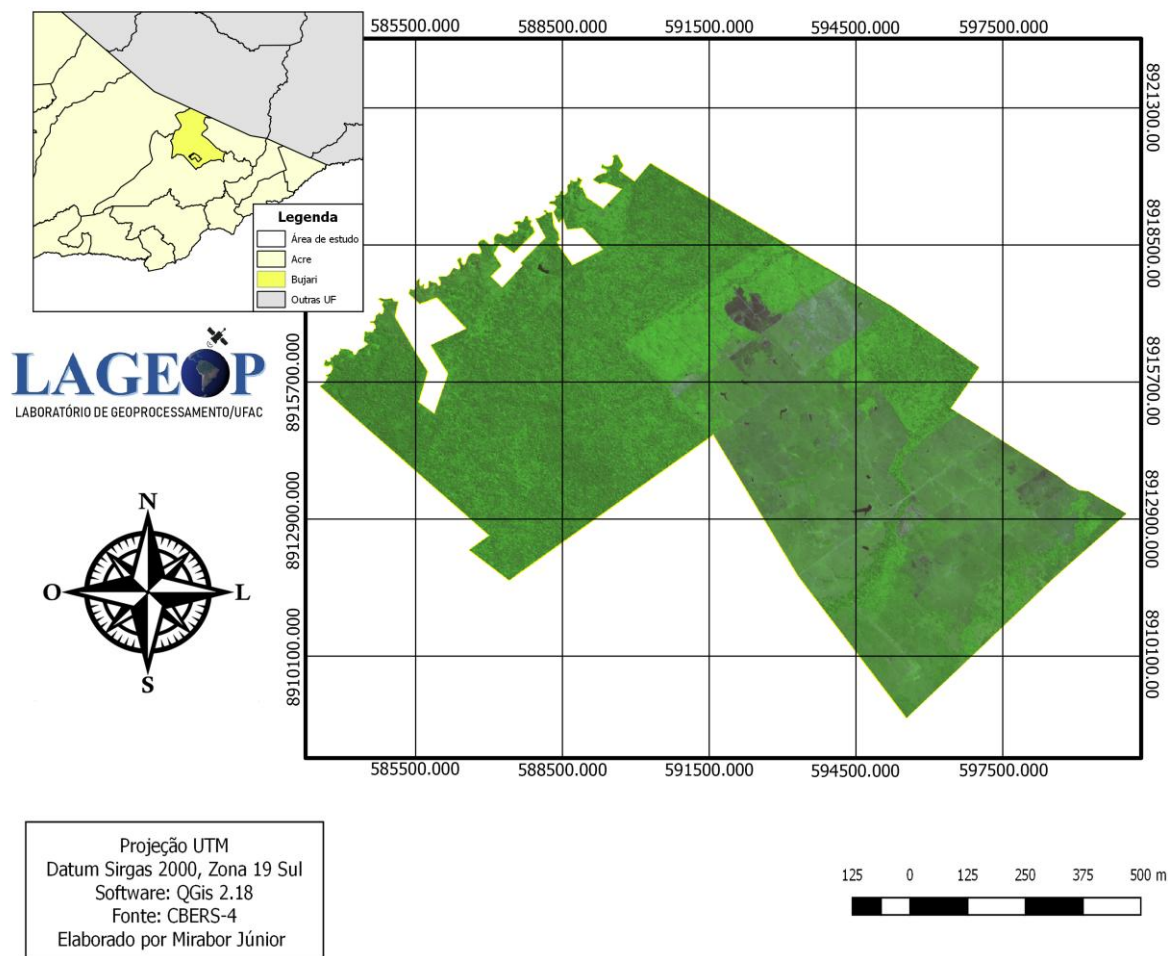


Figura 1: Localização da área de estudo.

Para a realização do presente estudo foi elaborado um fluxograma de atividades, onde cada etapa foi de fundamental importância para obtenção dos resultados (Figura 2).

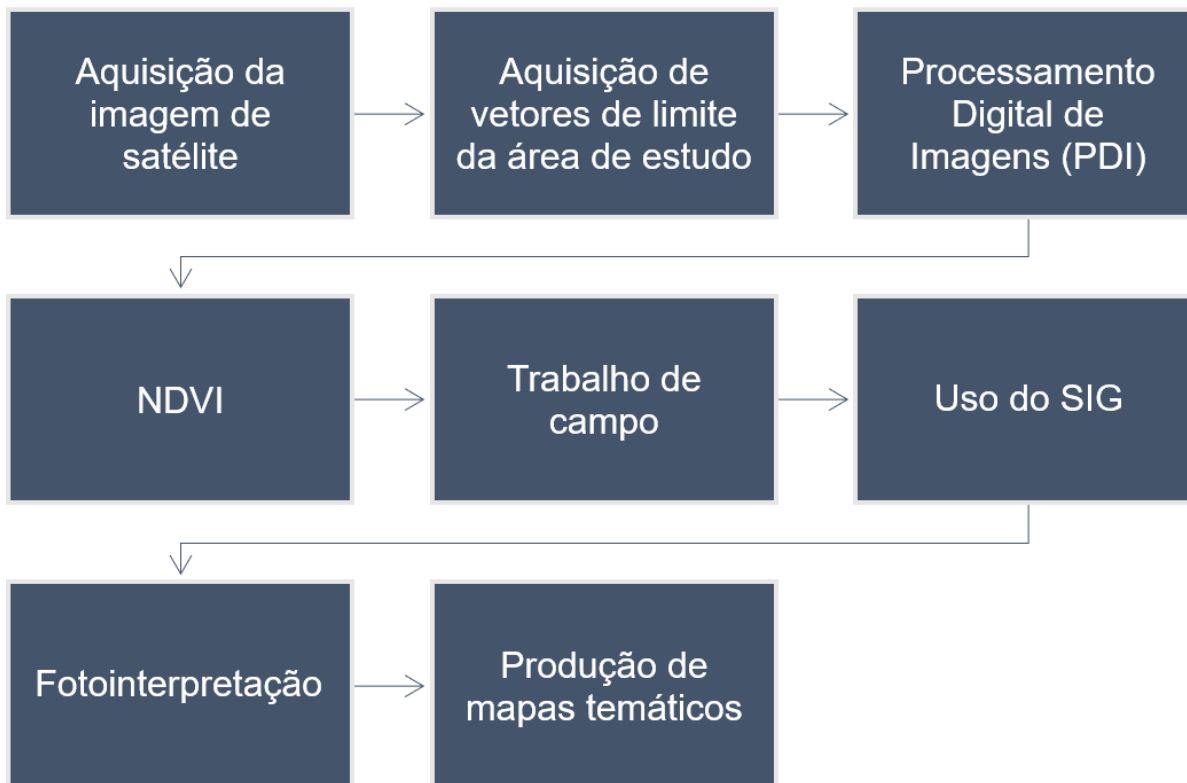


Figura 2: Fluxograma metodológico para a realização do estudo.

AQUISIÇÃO DA IMAGEM DE SATÉLITE

A imagem do satélite CBERS-4 utilizada (câmera pancromática e multiespectral na resolução espacial de 10 m) foi adquirida gratuitamente através do Catálogo de Imagens disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, na órbita 180 e ponto 111 e datada do dia 29 de agosto de 2018 (INPE, 2018). Os valores de órbita/ponto correspondem ao fornecido pelo Sistema Internacional de Referência e permitem a localização geográfica da área de estudo. Foram utilizadas as bandas espectrais 2 (0,52 - 0,59 μm), 3 (0,63 - 0,69 μm) e 4 (0,77 - 0,89 μm).

AQUISIÇÃO DE VETORES DE LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO

Nesta etapa foram utilizados *shapes* da área de estudo, disponibilizados através do site do INCRA. Esses dados foram cruzados com as imagens de satélite, gerando, assim, o recorte espacial utilizado neste trabalho.

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS (PDI)

O PDI consiste na manipulação de uma imagem em formato digital de modo que o resultado proporcione uma melhoria na qualidade visual das feições geográficas presentes na imagem (ROCHA, 2013). Sua principal função é fornecer ferramentas para facilitar a interpretação e aquisição de informações de dados contidos nas imagens (JENSEN, 2005).

Nesta etapa, por meio da utilização do software QGis (versão 2.18.26), foi realizada a composição 3R, 4G, 2B e manipulação de realce com a finalidade de melhorar o aspecto visual da imagem e facilitar, assim, a classificação e uso da terra.

Não foi necessário realizar a correção atmosférica, geométrica e radiométrica da imagem de satélite, visto que a mesma foi adquirida de forma corrigida mediante ao Catálogo de Imagens do INPE.

NDVI

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é um importante parâmetro na avaliação da qualidade da vegetação, pois evidencia, a partir do uso de imagens de satélite, o vigor e a caracterização da vegetação de uma área a partir de cálculos matemáticos utilizando a diferença entre reflectâncias.

O cálculo do NDVI é realizado a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas, conforme a fórmula a seguir:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \tag{Eq. (116)}$$

O resultado pode variar de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o indicativo de presença de vegetação e quanto mais próximo de -1, há um maior indício da presença de solo exposto.

Na faixa do vermelho a clorofila absorve a energia solar, ocasionando uma baixa reflectância. Enquanto isso, na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação, ocasionam uma alta reflectância da energia solar (LOURENÇO; LANDIM, 2004).

Portanto, elementos como corpos d'água e áreas urbanas apresentam baixos valores de reflectância, indicados pelas cores alaranjada e vermelha, enquanto as vegetações mais vigorosas apresentam valores mais elevados, sendo indicadas na composição pela cor verde.

Para obter o cálculo do NDVI foi necessário realizar, primeiramente, a transformação dos níveis de cinza em reflectância alterando as propriedades do raster para exibir a imagem em falsa cor. A Figura 3 mostra o índice de vegetação normalizada (NDVI) utilizado para classificação dos níveis de pastagem degradada.

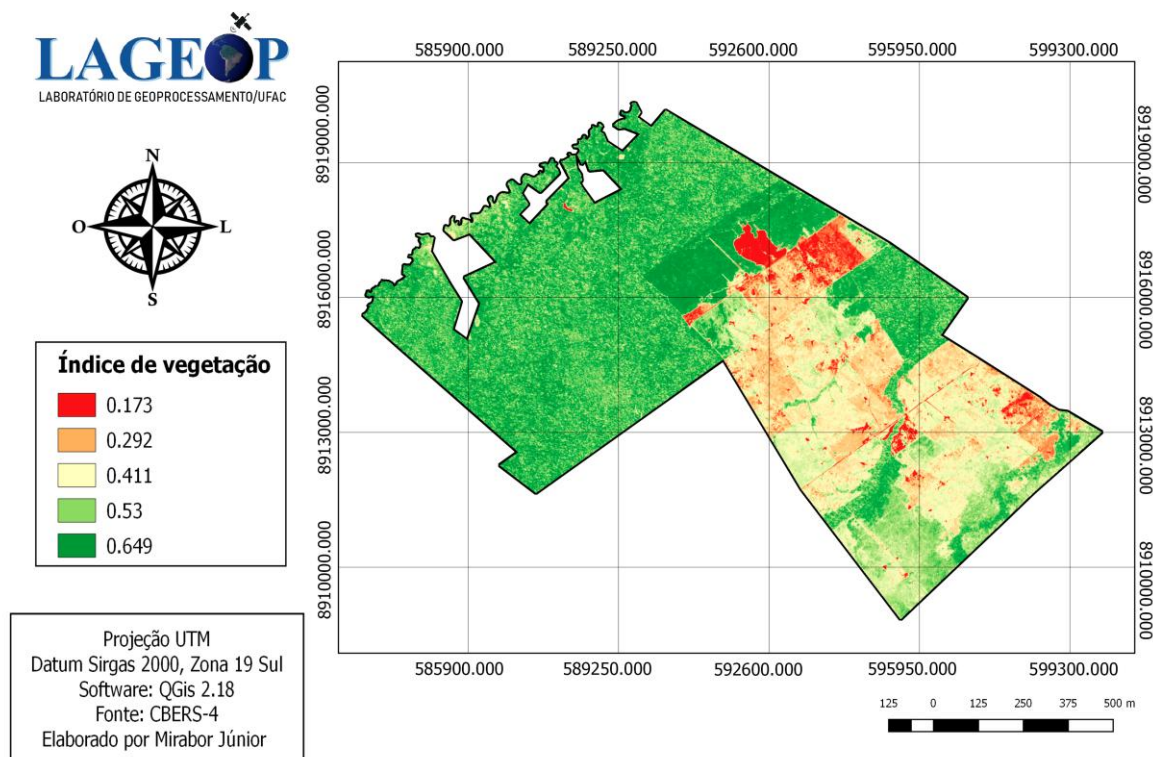


Figura 3: Mapa de classificação dos índices de vegetação obtidos através do NDVI.

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de identificar e georreferenciar os diferentes estágios de degradação de pastagem. Para isto, fez-se uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS). O equipamento utilizado foi o modelo GPSMAP 64s, do fabricante Garmin. Os dados coletados no campo foram utilizados em etapas posteriores para comparar e averiguar a precisão das informações obtidas a partir de dados de imagem de satélite.

USO DO SIG

As técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram utilizadas visando padronizar, organizar e integrar os diferentes tipos de dados gerados numa base única de informações. Estas, por sua vez, foram provenientes de três fontes de dados, sendo: 1) dados matriciais; 2) dados vetoriais; e 3) dados de campo.

Os dados matriciais, também chamados de dados primários, foram representados pelas imagens de satélites orbitais que, após passarem por diversos tratamentos, foram utilizadas para classificar os diferentes níveis de degradação de pastagens.

A segunda fonte de dados, conhecida também como dados vetoriais, é originada do levantamento de informações geoespaciais de forma digital. No presente estudo, foram obtidos *shapes* vetoriais para auxiliar na análise e delimitação espacial da área de estudo.

Os dados de campo, terceira e última fonte de dados, referem-se às informações obtidas em campo, tais como: limite das áreas de estudo, coleta de pontos de diferentes níveis de degradação, classes distintas de cobertura da terra e georreferenciamento das fotografias dos pastos. Estas informações serviram para validar os produtos obtidos através do processamento digital das imagens de satélite.

FOTOINTERPRETAÇÃO

Segundo Florezano (2007), a fotointerpretação é definida como o ato de examinar e identificar objetos e situações em fotografias aéreas (ou outros sensores) e determinar o seu significado. Após o processamento digital da imagem e com informações geradas pelos mapas de uso da terra, NDVI e dados obtidos em campo, o mapa de classes de pastagens degradadas foi gerado. Os princípios básicos da fotointerpretação utilizados foram importantes para a análise identificação de pastagens em diferentes estágios de degradação.

PRODUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Foram elaborados três mapas temáticos: uso e cobertura de terra, NDVI e classes de pastagens degradadas. O mapa de valores NDVI foi utilizado para auxiliar na classificação de diferentes níveis de pastagem degradada. Todos os mapas produzidos levaram em consideração as informações coletadas durante o trabalho de campo, sendo avaliados critérios visuais do uso e cobertura da terra.

A princípio, foram definidas quatro classes (água, floresta, desmatamento e pastagem), sendo que as pastagens foram posteriormente subdivididas em quatro níveis de degradação: leve (bom vigor e boa qualidade da pastagem, mas com a presença de algumas plantas daninhas); moderado (baixo vigor, baixa qualidade e baixa população da pastagem, associados com a presença de algumas plantas invasoras); forte (baixo vigor, baixa qualidade e baixa população da pastagem, associado com a presença excessiva de plantas invasoras); e muito forte (baixo vigor, baixa qualidade e baixa população da pastagem, associado com a presença de invasoras, indicativos de erosão ou formação de voçorocas). As pastagens avaliadas foram fotografadas e georreferenciadas para auxiliar na interpretação e validação dos resultados.

A Figura 4 mostra o comparativo entre as imagens de satélite e dados de campo dos diferentes padrões de pastagens de acordo com os níveis de degradação encontrados. Essas informações serviram de base para o processo de classificação dos níveis de degradação.

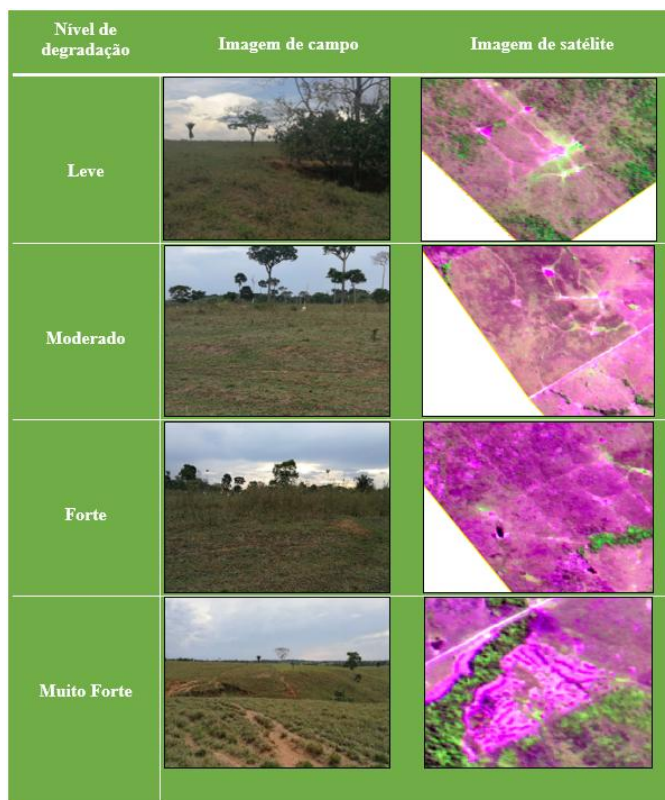
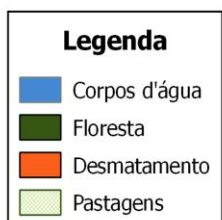


Figura 4: Níveis de degradação de pastagens e padrões de imagens CBERS-4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

USO E COBERTURA DA TERRA

As imagens multiespectrais de média resolução, obtidas de plataformas orbitais, foram de fundamental importância na identificação e diferenciação das classes de uso e cobertura da terra presentes na área de estudo. As classes foram criadas com auxílio das informações geradas a partir dos índices de vegetação NDVI, trabalho de campo e técnicas de fotointerpretação. Estas etapas foram essenciais para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra (Figura 5).



Projeção UTM
Datum Sirgas 2000, Zona 19 Sul
Software: QGis 2.18
Fonte: CBERS-4
Elaborado por Mirabor Júnior

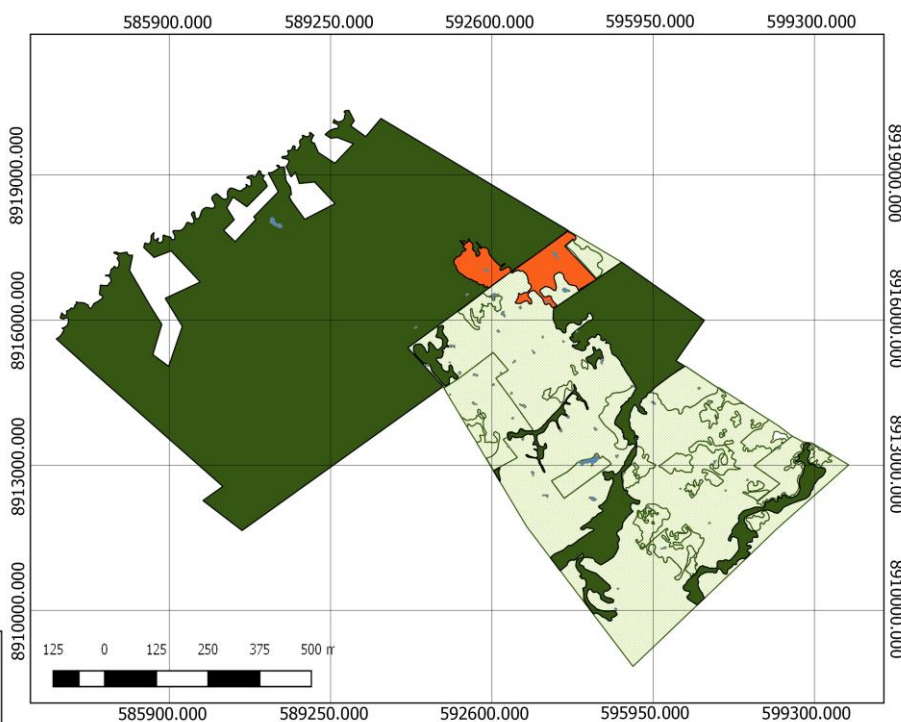


Figura 5: Mapa de uso e cobertura do solo.

A tabela 1 mostra os valores em hectares e porcentagem para cada classe de uso da terra mapeada (floresta, corpos d'água, desmatamento e pastagens). Pode-se observar a partir destes dados que a pastagem representa a segunda maior classe de cobertura da terra. Demandando assim por medidas de monitoramento e manejo.

Tabela 1: Quantificação das classes de uso da terra em relação à área total de estudo.

Classe	Área (ha)	Percentual (%)
Florestas	5.036,669	61,37
Corpos D'água	14,464	0,18
Desmatamento	168,901	2,06
Pastagens	2.986,431	36,39
Área total de estudo	8.206,465	100

Dos 8.206,465 ha da propriedade, aproximadamente 3 mil hectares encontram-se sob pastagem. Apesar de a área destinadas a pastagens, ser dividida em diferentes piquetes e apresentar um sistema de produção baseado no sistema de rotação de pastejo, a área ainda apresenta problemas de degradação. Apresentando aproximadamente 737 ha de pastagem com algum nível de degradação provavelmente relacionado ao manejo inadequado realizado nos últimos anos.

NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NA ÁREA DE ESTUDO

Logo após a análise do uso e cobertura da terra, o qual determinou a quantidade de área sob pastagem na área de estudo. Tomando como base o uso de dados coletados em campo e dados do NDVI, o mapa de classificação de pastagens degradadas foi elaborado (Figura 6).



Projeção UTM
Datum Sirgas 2000, Zona 19 Sul
Software: QGis 2.18
Fonte: CBERS-4
Elaborado por Mirabor Júnior

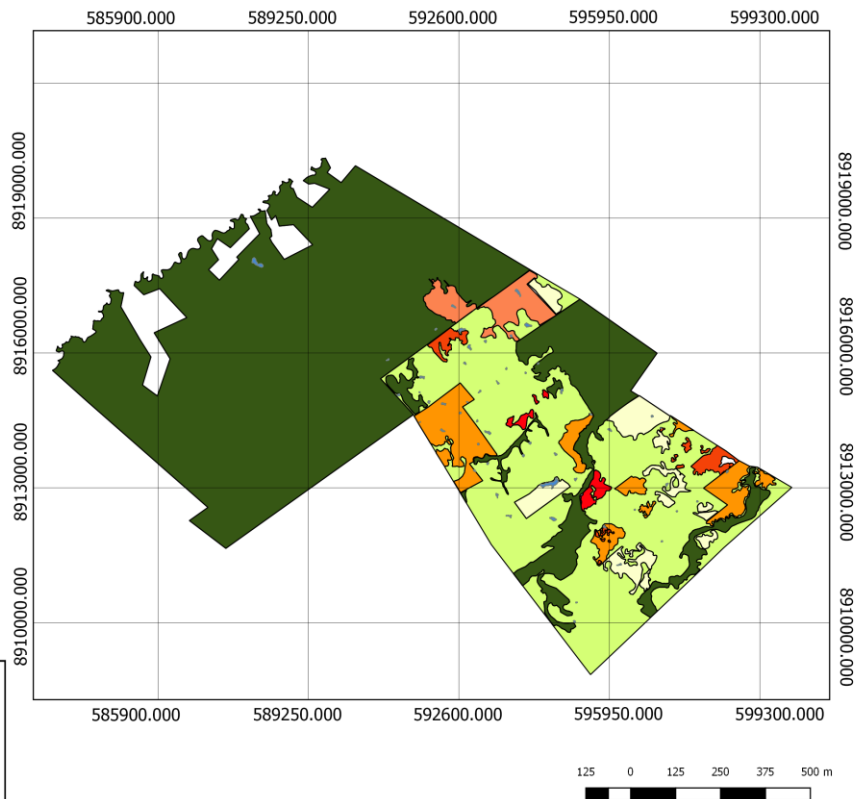


Figura 6: Mapa de classificação de pastagens degradadas.

Spain e Gualdrón (1991) consideram como pastagem degradada quando há queda acentuada em sua produtividade potencial, ocasionada pela perda de fertilidade do solo, invasão de plantas daninhas e manejo inadequado. Na área de estudo foi possível observar quatro diferentes níveis de degradação de pastagens (Tabela 2). Dos 36,66% de área de pastagem identificados na classificação de uso e cobertura da terra, 24,66% se encontram com algum nível de degradação. Da área de pastagem classificada como degradada, mais de 50% foi classificada como pastagem com nível de degradação moderado, correspondendo, assim, a 12,42% do total da área de estudo.

Tabela 2: Valores referentes à classificação dos níveis de degradação em relação a área total destinada às pastagens.

Nível de degradação	Área (ha)	Percentual (%)
Não degradado	2.249,665	75,33
Leve	254,446	8,52
Moderado	371,112	12,42
Forte	71,741	2,40
Muito forte	39,467	1,32
Área total de pastagens	2.986,431	100

A pastagem classificada como nível moderado apresentou em alguns pontos solo exposto e baixo vigor, como pode ser observado na Figura 4, mencionada anteriormente. De acordo com trabalho de campo e a literatura consultada, pode-se especular que esse resultado é atribuído às características presentes no solo, ou seja, baixa fertilidade, características climáticas da região, tempo de uso do solo para atividade agropecuária e o tipo de manejo adotado. Segundo Wadt et al. (2003), como medida corretiva deste tipo de degradação é

recomendado o pousio da pastagem ou consorciamento com leguminosas, como a puerária ou amendoim-forrageiro.

A classe de pastagem de nível leve representa 8,52% da área destinada às pastagens. Esta classe é considerada a área com melhor estado de conservação, uma vez que apresentou melhor cobertura do solo e poucos indicativos de solo exposto e/ou erosão em comparação as demais classes de pastagens degradadas. De acordo com trabalhos de campo, esta porcentagem de pastagem encontrada nesse nível pode estar relacionado ao fato de ser uma área de recente ocupação, ou seja, com uma baixa densidade de gado por hectare. Este nível de pastagem, ainda de acordo com os resultados do NDVI, promove captação de carbono da atmosfera e apresenta ainda uma eficiência na ciclagem de nutrientes e redução dos processos de erosão.

A degradação da pastagem de nível forte representada por 2,40% da área total de pastagem, alcançando esse nível de degradação devido à falta de cobertura do solo, ocasionando perda de nutrientes e aumento gradativo de solo exposto. Além de diminuir a capacidade de produção de biomassa, condiciona o assoreamento dos mananciais e cursos d'água e reduz a capacidade da pastagens em desempenhar seu papel captador de carbono. Neste caso, ainda segundo Wadt et al. (2003), o recomendável é a integração da pastagem com algum sistema de produção para melhorar seu vigor produtivo.

Por fim, as pastagens de nível muito forte representaram 1,32%. Esta classe é considerada como uma área com estágio crítico de degradação. São caracterizadas pela presença de erosão, onde há a formação de voçorocas. Como medida corretiva, neste caso, o ideal é realizar o planejamento da recuperação desta área, que requer um levantamento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (BACELLAR, 2006).

É importante salientar que a escolha pelo satélite CBERS-4 se deu por conta da resolução espacial do mesmo (10 m na câmera multiespectral) em comparação com outros satélites comumente utilizados em trabalhos semelhantes a este, como é o do Landsat 8 (30 m na câmera multiespectral). Tal característica possibilitou melhor identificação e classificação de distintas classes de pastagens degradadas, o que foi primordial no alcance dos objetivos inicialmente propostos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O uso de geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto, por meio de imagens de média resolução mostraram-se eficientes para o mapeamento e discriminação de diferentes classes de pastagens degradadas.

O índice de vegetação NDVI se mostrou-se ser uma excelente ferramenta para analisar pastagem degradada. O mesmo permitiu observar que pastagens com algum nível de degradação apresentam comportamento espectral diferente de áreas não degradadas.

O mapa de classificação de pastagens degradadas produzido mostrou que é possível se obter informações sobre a qualidade de pastagens com precisão. O trabalho de campo com uso de receptores GPS foi de fundamental importância para determinar a acurácia do mapa produzido. Os indicadores biofísicos dos níveis de qualidade de pastagens, como a altura das pastagens, presença de plantas daninhas, presença de cupins e erosão foram de grande relevância para validar os resultados obtidos através do processo de classificação.

Portanto, os produtos gerados a partir da identificação e classificação de pastagens degradadas com uso de imagens de satélite são procedimentos que se fazem necessários para determinar a gravidade do problema em escalas local, regional ou nacional e, com isso, subsidiar o produtor ou entidade governamental na tomada de decisão e criação de políticas públicas sobre a recuperação, manejo e uso racional dessas terras.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BACELLAR, L. de A. P. **Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas**. Ouro Preto: UFOP, 2006.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

EMBRAPA. **Recuperação de áreas degradadas**. Brasília: Amazônia Oriental, 2017.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 228, 2007.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017: dados preliminares**. Rio de Janeiro, 2017.

INPE. Catálogo de Imagens do Satélite CBERS-4. São José dos Campos, 2018. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>. Acesso em: 29 set. 2018.

JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2005.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: SIMPOSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p. 201-234, 1999.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM P. M. B. **Estudo da variabilidade do “índice de vegetação por diferença normatizada /NDVI” utilizando krigagem indicativa**, HALO Environment, v. 4, n.1, p. 38-55, 2004.

MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, p. 28-62, ago., 1995.

ROCHA, K, da S.; MARIK, M.; CHAVES, A.; PERZ, S, G. Image processing and land-cover change analysis in the tri-national frontier of Madre de Dios (Peru), Acre (Brazil), and Pando (Bolivia) - MAP: an increasing demand for data standardization, 2013. **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE.

SPAIN, J. M.; GUALDRON, R. **Degradación e rehabilitación de pasturas**, In: LASCANO, C.; SPAIN, J.M. (Ed.) Establecimiento y renovación de pasturas, Cali: CIAT, 1991.

WADT, S. G. P., S. E. J. PEREIRA, C. R. GONÇALVES, C. B. C. SOUZA & S. L. ALVES. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. 1-29. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Documento 90), Rio Branco, 2003

AValiação DO USO DE VANT NO ESTUDO DA COBERTURA VEGETAL E DELIMITAÇÃO DE VEREDA NO PLANALTO CENTRAL BRASILEIRO

Eduardo Vieira dos Santos¹; Frederico Augusto Guimarães Guilherme²; Renato Adriano Martins³; Mônica Aparecida Guimarães da Silva²

Autor para correspondência: edugeo2000@yahoo.com.br

¹Universidade Federal de Mato Grosso; ²Universidade Federal de Goiás; ³Universidade Estadual de Goiás

RESUMO

Veredas são fitofisionomias do bioma Cerrado ainda pouco estudadas. Desse modo, o desenvolvimento no campo das geotecnologias pode trazer importante contribuição para facilitar a realização de novos estudos dessas áreas úmidas. Especificamente, o emprego de VANT na obtenção de fotografias áreas de alta resolução, pode representar um mecanismo facilitador de estudos ambientais em Veredas. Assim, objetivamos avaliar a possibilidade de utilização de VANT de asas rotativas como recurso para obtenção de fotografias aéreas que possibilitem a delimitação e a distinção dos diferentes estratos da cobertura vegetal, bem como dos buritis no interior de Veredas. Foi realizado levantamento aéreo em 20 Veredas, presente em duas bacias hidrográficas da área *core* do Cerrado, no estado de Goiás. Posteriormente, procedemos o processamento das fotografias aéreas, a fim de verificar a possibilidade de extração das informações pretendidas. Com a efetuação do estudo, constatamos que, o VANT é um meio confiável para a obtenção de fotografias aéreas de Veredas e que estas podem ser utilizadas como fonte de informações para estudos ambientais das Veredas.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologia; Fotografia aérea; Estudos ambientais

EVALUATION USE OF UAV IN THE STUDY OF VEGETATION COVER AND DELIMITATION OF VEREDA IN THE BRAZILIAN CENTRAL PLATEAU

ABSTRACT

Veredas are phytophysionomies of the Cerrado biome as yet little studied. In this way, the development in the field of geotechnologies can make an important contribution to facilitate the realization of new studies of these wetlands. Specifically, the use of UAV in obtaining high-resolution photographs may represent a facilitating mechanism for environmental studies in Veredas. The objective of this study was to evaluate the possibility of the use of UAV for rotational wings as a resource to obtain aerial photographs that allow the delimitation and distinction of the different strata of the vegetation cover, as well as the buritis within Veredas. An aerial survey was carried out in 20 Veredas, present in two hydrographic basins of the core area of the Cerrado, in the state of Goiás. Later, we processed the aerial photographs, in order to verify the possibility of extracting the desired information. With the accomplishment of the study, we verified that, the UAV is a reliable means to obtain aerial photographs of Veredas and that these can be used as source of information for environmental studies of the Veredas.

KEY-WORDS: Geotechnology; Aerial photograph; Environmental studies

INTRODUÇÃO

O Cerrado é um mosaico de fisionomias, formado por vegetação rasteira (geralmente gramíneas), arbustos e árvores, distribuídas de forma esparsa, geralmente em solos ácidos, suavemente ondulados e com rede hídrica bem desenvolvida (WALTER; CARVALHO; RIBEIRO, 2008). Dentre as várias fitofisionomias existentes, a Vereda constitui uma singular paisagem do Cerrado (MELO, 2008). A Vereda é um ambiente complexo, com diferentes feições geomórficas, solos hidromórficos, ricos em matéria orgânica, onde é predominante a ocorrência da palmeira *Mauritia flexuosa*, popularmente conhecida como buriti (MELO, 2008). Veredas são locais de nascente de vários cursos d'água, constitui um refúgio para a biota, é local de dessedentação de animais, mantem inter-relações com outros subsistemas e exerce papel de corredores ecológicos naturais permitindo o fluxo biótico das populações de plantas e animais do Cerrado (MELO, 1992; CASTRO, 1980; VIANNA, 1987). A Vereda também é importante para a conservação dos solos e da elevada biodiversidade existente, especialmente do componente herbáceo-graminoso.

Mesmo com tamanha importância ainda existem poucos estudos a respeito de aspectos geoambientais das Veredas (BOAVENTURA, 1978; MELO, 2008). Os estudos existentes a seu respeito são insuficientes para abarcar as particularidades encontradas na vasta extensão do Cerrado. Outro problema é o fato da Vereda ser uma comunidade sensível a alterações e com pequena ou nenhuma capacidade auto-regenerativa (BRANDÃO; CARVALHO; BARUQUI, 1991). Desse modo, é necessária a realização de estudos que possam detalhar melhor a dinâmica ambiental, tendo em vista, a importância e a necessidade de preservação.

Com o intuito da realização de mais estudos sobre as Veredas, o emprego das geotecnologias pode trazer importante contribuição, com a redução de custos, maior facilidade e velocidade na obtenção de informações. As novas tecnologias de informação e de tratamento de dados espaciais digitais são, cada dia mais, instrumentos indispensáveis, pois possibilitam a espacialização da informação, maior acessibilidade, precisão e velocidade na obtenção e processamento de dados (VEIGA; SILVA, 2004).

Especificamente na Geografia, frente ao avanço tecnológico, e crescentes necessidades por informação, as geotecnologias têm se destacado como instrumento de análise da paisagem. O uso das geotecnologias permite análise integrada do ambiente de forma a entender como questões relacionadas às alterações ambientais se comportam no espaço (PIRES et al., 2012). Estas tecnologias possibilitam a compreensão da dinâmica da superfície terrestre em diferentes escalas e auxiliam na tomada de decisões mais confiáveis e eficientes (TONELI; CARVALHO; ARCEBI JUNIOR, 2009). Nesse contexto, as geotecnologias assumem importância nos estudos ambientais devido ao seu relevante potencial para análise espacial, além da capacidade de lidar com diversas variáveis (FITZ, 2008). O desenvolvimento e o uso de geotecnologias tem aumentado e se tornam cada vez mais presentes. A atualidade tem sido marcada pelo desenvolvimento de novas geotecnologias ou por novas aplicações das geotecnologias já existentes. Um exemplo de inovação no campo das geotecnologias é o sensoriamento remoto com o emprego de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), para obtenção de fotografias aéreas de alta resolução espacial.

O VANT (nomenclatura em português para *Unmanned Aerial Vehicle* ou *Unmanned Airbone Vehicle* – UAV) é a terminologia oficial prevista pelos órgãos reguladores brasileiros do transporte aéreo e caracteriza-se como toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo. Há dois tipos diferentes de VANT. O mais conhecido é o *Remotely-Piloted Aircraft* (em português, Aeronave Remotamente Pilotada). Nessa condição, o piloto não está a bordo, mas controla a aeronave remotamente de uma interface qualquer. Diferente de outra subcategoria de VANT, a chamada Aeronave Autônoma que, uma vez programada, não permite intervenção externa durante a realização do voo (BRASIL, 2015). No Brasil a Aeronave Autônoma tem o seu uso proibido, até o presente (SPADOTTO, 2016). Os VANTs também podem ser classificados como de asas fixas e de asas rotativas (PIRES, 2016).

Os VANTs podem levar diferentes equipamentos, como vários tipos de sistemas sensores e Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System* - GNSS). Importante característica do VANT é o fato de possuir sistema de controle para voo automatizado e estável (GONZALES et al., 2016). Os VANTs têm sido utilizados em várias aplicações e se destacam em estudos ambientais (XAVIER, 2013). Dentre as possibilidades de uso, as fotografias aéreas geradas por sensores embarcados podem servir de suporte: ao mapeamento de recursos naturais e de impactos ambientais, numa escala espacial e temporal de alto detalhe (CANDIDO, 2012); ao mapeamento de uso e ocupação do solo, de vegetação e de grandes

mamíferos (KOH, 2012, apud SOARES, 2018); nos estudos de alterações ocorridas na paisagem (FRANÇA 2015); no auxílio, monitoramento e prevenção de incêndios (GONZALES et al., 2016; SOARES, 2018); como recurso auxiliar de monitoramento de áreas degradadas, erosões, controle sanitário e queimadas (CANDIDO, 2012; SOARES, 2018); no auxílio da verificação de áreas de riscos (COSTA JÚNIOR, 2017). Além das aplicações citadas, devemos destacar que as fotografias aéreas obtidas por VANT podem oferecer bom nível de detalhamento e precisão, com possibilidade de ser incorporados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (ROBERTO, 2012).

Portanto, os VANTS surgem como importante ferramenta de monitoramento, possibilitando acoplar sensores com alta resolução espacial e baixo custo operacional, tornando-se um produto viável do ponto de vista técnico e econômico (CANDIDO, 2012). O emprego do VANT acaba por impactar no custo, no tempo de execução e logística para a coleta dos dados (SOARES, 2018). As principais vantagens do sensoriamento remoto por VANTS, podem ser: redução dos custos; maior flexibilidade de resolução temporal para aquisição de imagens de alta resolução espacial; possibilidade de execução de missões em condições adversas; menor necessidade de gastos de treinamento de pilotos e; maior facilidade e velocidade de incorporação de novas tecnologias (LONGHITANO, 2010). Na atualidade, o levantamento aerofotogramétrico por VANT tem se mostrado uma opção viável para a obtenção de informações geoambientais, com a obtenção de fotografias aéreas de alta resolução espacial e de amplo emprego no maior conhecimento sobre as Veredas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a possibilidade de utilização de VANT de asas rotativas, como recurso para obtenção de fotografias aéreas que possibilitem a delimitação e a distinção dos diferentes estratos da cobertura vegetal, bem como, dos buritis no interior de Veredas presentes na área *core* do Cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a coleta de fotografias aéreas em áreas de Vereda, foram selecionadas e delimitadas duas bacias hidrográficas na área *core* do Cerrado no estado de Goiás, com processos evolutivos, geomorfológicos e biogeográficos distintos. Na região hidrográfica Tocantins/Araguaia foi selecionada a bacia hidrográfica do ribeirão da Areia (Figura 1), e na região hidrográfica Paraná, a bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo (Figura 2).

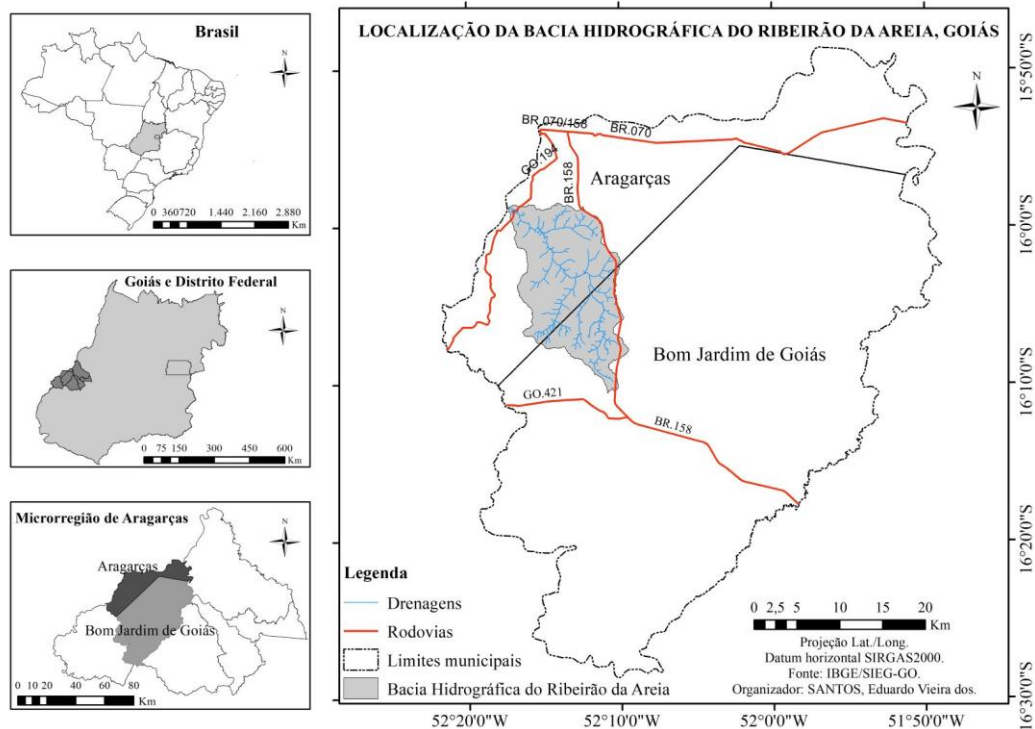


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do ribeirão da Areia, municípios de Aragarças e de Bom Jardim de Goiás, estado de Goiás.

A bacia hidrográfica do ribeirão da Areia está localizada na porção oeste de Goiás, microrregião de Aragarças, nos municípios de Aragarças e de Bom Jardim de Goiás. Possui área de 187,99 km² e seu curso principal deságua na margem direita do rio Araguaia. No contexto regional o clima é Tropical. Geologicamente, está integralmente inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, no Grupo Itararé, Formação Aquidauana. Conforme síntese geomorfológica do estado de Goiás (MAMEDE, 2000), a bacia hidrográfica está inserida na Depressão do Araguaia. Os solos da região possuem evolução associada ao tipo de substrato, ocorrendo predominantemente Latossolos, Argissolos (antigos Podzólicos) e Neossolos (IANHEZ et al., 1983). A vegetação apresenta formações Florestais, representadas por Cerradão, Matas Ciliares e de Galeria, além de formações Savânicas que ocupam a maior parte da bacia, principalmente, o Cerrado sentido restrito denso, embora seja considerável a presença de Vereda.

A bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo está localizada na porção sudeste de Goiás, microrregião Catalão, nos municípios de Goiandira e de Cumari. Possui área de 73,78 km² e seu curso principal deságua no ribeirão Pirapitinga, afluente do rio Paranaíba. Apresenta clima Tropical e, no contexto geológico, está localizada no seguimento sul da Faixa Brasília, em duas unidades: Unidade Ortognáissica-Granítica (Suíte Jurubatuba) e Grupo Araxá (Unidade A). Considerando a compartimentação geomorfológica de Mamede (2000) a bacia hidrográfica está inserida na unidade Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, que faz parte do Planalto Central Goiano. As duas principais classes de solos são o Cambissolo Háplico Distrófico e o Latossolo Vermelho Ácrico (CTE SISTEMA NATURAE, 2006). A vegetação apresenta formações Florestais com Matas Ciliares, de Galeria e Cerradão; dentre as formações Savânicas ocorrem o Cerrado sentido restrito e a Vereda; dentre as formações Campestres ocorrem o Campo Sujo e o Campo Limpo.

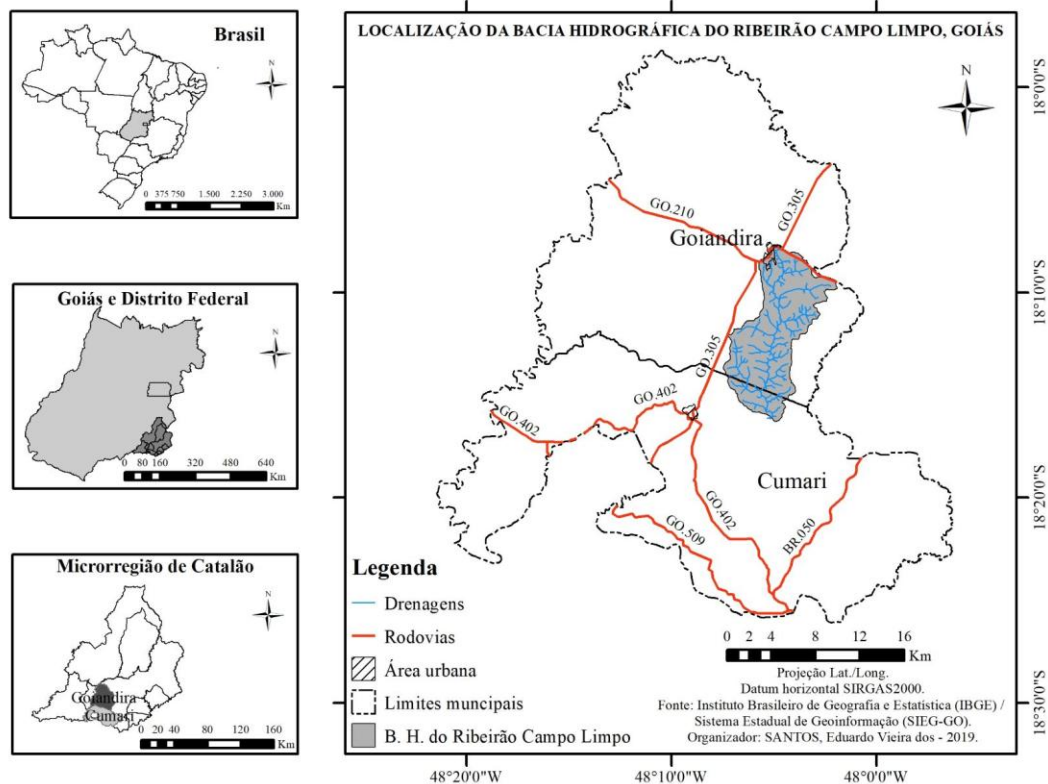


Figura 2: Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo, municípios de Goiandira e de Cumári, estado de Goiás.

Para a delimitação das duas bacias hidrográficas foram empregadas imagens *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no projeto Topodata, com resolução espacial de 30 metros. A partir das imagens foi demarcado o divisor topográfico, criando-se o perímetro de cada bacia. Com o limite de cada bacia demarcado, foi iniciado mapeamento da rede de drenagem, a partir das imagens SRTM e a metodologia de Martins (2007), com o conjunto de ferramentas *hydrology* e *conditional (fill, flow direction, flow accumulation, con e stream to features)*. O resultado desse mapeamento foi um *shape-file*, que foi transformado em arquivo *kml* e inserido no *software Google Earth*, para a comparação entre o *shape-file* de drenagens extraídos da imagem SRTM e a identificação visual em imagens de satélites. Essa comparação foi necessária para se gerar um mapeamento da rede de drenagem que fosse mais condizente com a realidade. Após a comparação entre *shape-file*, de drenagens, extraído da imagem SRTM e a identificação visual em imagens de satélites, foram realizadas pequenas correções e o arquivo foi novamente transposto para o *software Arc Gis 10.1*, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG, Regional Jataí.

Foram efetuadas incursões a campo para conhecer as áreas de pesquisa. A primeira etapa de campo ocorreu em julho de 2017, na bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo e no mês de outubro de 2017, na bacia hidrográfica do ribeirão da Areia. Nessa etapa, foram identificadas as áreas de ocorrência de Veredas e foi empregado um receptor de *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)* para o registro das coordenadas das Veredas encontradas.

A segunda etapa de incursões a campo foi realizada entre os dias 24 de abril e 04 de maio de 2018, para a bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo; entre os dias 18 e 25 de junho de 2018, para a bacia hidrográfica do ribeirão da Areia. Nessa etapa foram selecionadas Veredas nas quais foi efetuado o levantamento aerofotogramétrico. Diante da dificuldade em se trabalhar com todas as Veredas das bacias, optamos por selecionar dez Veredas em cada área. Esse quantitativo não inviabiliza a efetivação da pesquisa e ao mesmo tempo permite boa representatividade. Na seleção buscamos áreas que estivessem distribuídas por toda a bacia, além de Veredas com diferentes características geoambientais. Para a efetuação do levantamento aerofotogramétrico foi empregado VANT de asas rotativas da marca DJI, modelo Phantom 4 Pro. Esse VANT possui autonomia de voo de 30 minutos e está equipado com receptor de *Global Navigation Satellite System (GNSS)* (GPS/GLONASS) e câmera com sensor CMOS de 20 megapixels e obturador mecânico.

O voo automatizado foi planejado e executado por meio do aplicativo *Drone Deploy*. A altura de voo foi determinada em 134 metros, para a obtenção de *Ground Sample Distance (GSD)* médio de quatro centímetros. Para melhor acurácia do mosaico de ortofotos, as faixas de voo foram programadas com sobreposição frontal de 80% e lateral de 60% (Figura 3). A sobreposição das imagens é fundamental para uma formação de nuvem de pontos mais consistente (SERRA, 2014). Conforme Ferreira *et al.* (2013) é necessário garantir um mínimo de 60% de sobreposição lateral e 70% de sobreposição longitudinal das imagens para que possam ser processadas posteriormente.

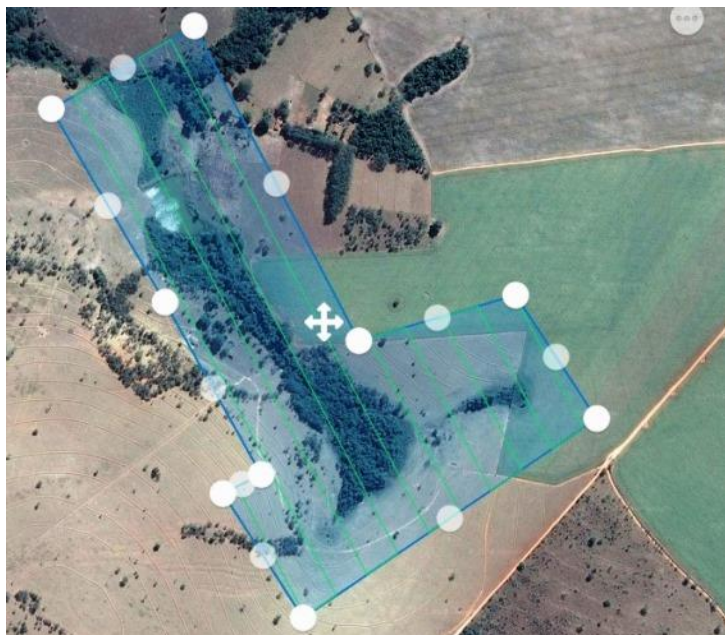


Figura 3: Plano de voo em Vereda na B. H. do ribeirão Campo Limpo. Sobreposição frontal 80% e lateral 60%, altitude 134m, área 53ha, 260 fotografias aéreas.

Após o levantamento aerofotogramétrico, as imagens foram processadas no *software Agisoft PhotScan 1.4.4* (licença de avaliação), com base nas técnicas de processamento fotogramétrico de fotografias aéreas, que envolvem as seguintes fases: orientação interna, orientação externa, triangulação aérea (ROBERTO, 2012). Durante o processamento dos dados foram gerados Modelo Digital de Superfície (MDS), Modelo Digital de Terreno (MDT), curvas de nível (equidistância 1 m) e ortomosaico de alta resolução. Assim que obtidas as curvas de nível e o mosaico de ortofotos das Veredas e seu entorno, foi possível traçar os limites de cada Vereda através do *software Agisoft PhotScan 1.4.4* com base nas cotas altimétricas e na diferenciação da cobertura vegetal. Posteriormente, o polígono com o limite de cada Vereda foi exportado para o *software Arc Gis 10.1*, no qual, foi combinado com a rede de drenagens das bacias.

Posterior, à delimitação de cada ambiente de Vereda, foi efetuada a análise visual dos ortomosaicos para verificar a capacidade da identificação de diferenças na fisionomia da cobertura vegetal. Nesta etapa, foi verificada a capacidade para distinguir, na imagem, a presença de estrato vegetal arbóreo e arbustivo-herbáceo, bem como, a presença de buritis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do ribeirão da Areia apresenta relevo predominantemente suave ondulado e plano, o que contribui para o desenvolvimento de amplas áreas de má drenagem e a consequente formação de solos hidromórficos e orgânicos. Também contribui para que as Veredas apresentem dimensões espaciais mais amplas do que as Veredas da bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo, a qual apresenta relevo tipicamente suave ondulado, mas com reduzida área plana e com maior presença de relevo ondulado.

Frente a características geoambientais locais, as Veredas, das duas bacias hidrográficas estudadas, apresentaram considerável diferenciação quanto à dimensão espacial e a vegetação no seu interior. Essas diferentes características impactaram na etapa de levantamento aerofotogramétrico e na etapa de processamento das fotografias aéreas.

A maior dimensão espacial das Veredas da bacia hidrográfica do ribeirão da Areia fez com que, algumas Veredas não tivessem toda a sua área coberta no levantamento aerofotogramétrico, devido à impossibilidade de cobertura voo único. Já, as Veredas da bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo, por suas dimensões espaciais mais reduzidas, tiveram toda sua área sobrevoada em um único voo. As Veredas da bacia hidrográfica do ribeirão da Areia se estendem no sentido do curso d'água por vários quilômetros e apresentam grande área total, não sendo possível seu mapeamento em único voo do VANT.

Após o processamento das fotografias aéreas se obteve uma resolução espacial média, aproximada, de quatro centímetros. Com essa resolução do mosaico de ortofotos foi possível distinguir pequenas variações na vegetação e até mesmo no solo, quando este não apresenta cobertura vegetal, bem como, visualizar a ocorrência de alagamentos. As diferenças visuais observadas através do mosaico de ortofoto de alta resolução permitiram a criação de limite para a área de cada uma das Veredas. Esse limite foi demarcado no próprio *software* de processamento das imagens e apresenta a possibilidade de ser exportado em formato compatível com outros SIGs.

A delimitação da área de cada Vereda foi possível graças à alta resolução das fotografias aéreas, o que propiciou a possibilidade de analisar pequenas diferenças visuais da paisagem. Ainda, graças à alta resolução das fotografias aéreas foi possível a construção de Modelo Digital de Elevação (DEM) para a geração de curvas de nível de pequena equidistância (Figura 4), as quais foram projetadas sobre o mosaico de ortofotos e contribuíram para que a definição do limite de cada Vereda respeitasse as irregularidades do terreno, permitindo a comparação entre a diferenciação paisagística da cobertura vegetal e o terreno.

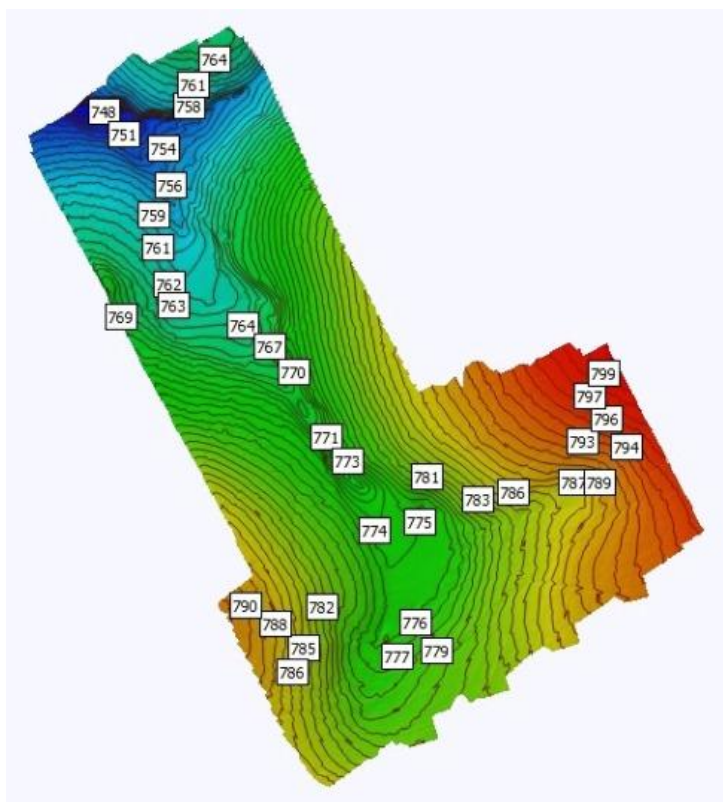


Figura 4: Curvas de nível, equidistância de um metro sobre Modelo Digital de Elevação em Vereda na B. H. do ribeirão Campo Limpo, município de Goiandira (GO).

Devemos destacar que, em áreas de densa cobertura arbórea, nas quais a fotografia aérea não conseguiu imagear os níveis do solo ou de vegetações rasteiras, a definição de cotas altimétricas ficou comprometida, uma vez as cotas altimétricas do terreno são estabelecidas por triangulação entre os pontos, das fotografias aéreas, classificados como terreno. Dessa forma, quando a fotografia aérea apresenta poucos pontos classificados como terreno, a precisão da altimetria é reduzida. Na prática, para as Veredas com cobertura vegetal menos densa, a altimetria do terreno é mais precisa e o contrário se verifica em Veredas com cobertura vegetal mais densa.

Como o aerolevantamento foi efetuado em período seco, a diferenciação da vegetação da Vereda (área úmida) e do seu entorno (área seca) ficou mais nítida. Desse modo, o emprego de VANT, de asas rotativas, para a obtenção de fotografias aéreas de alta resolução possibilitou a delimitação da área da cada Vereda. As Figuras 5 e 6 apresentam as dez Veredas de cada bacia hidrográfica, nas quais, foi realizado o aerolevantamento e que tiveram seus limites demarcados através das fotografias aéreas.

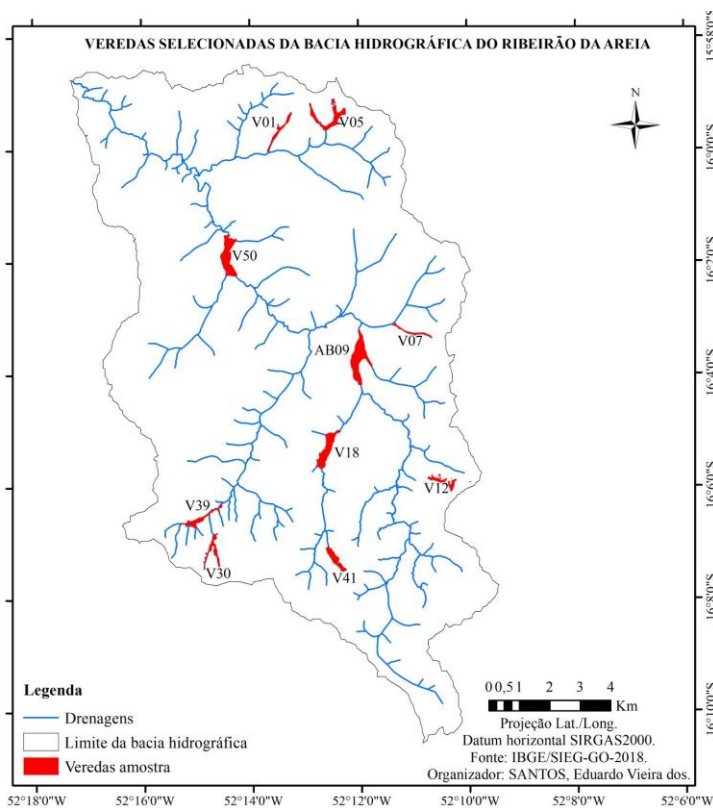


Figura 5: Limites das dez Veredas da B. H. do ribeirão da Areia em Aragarças e Bom Jardim de Goiás.

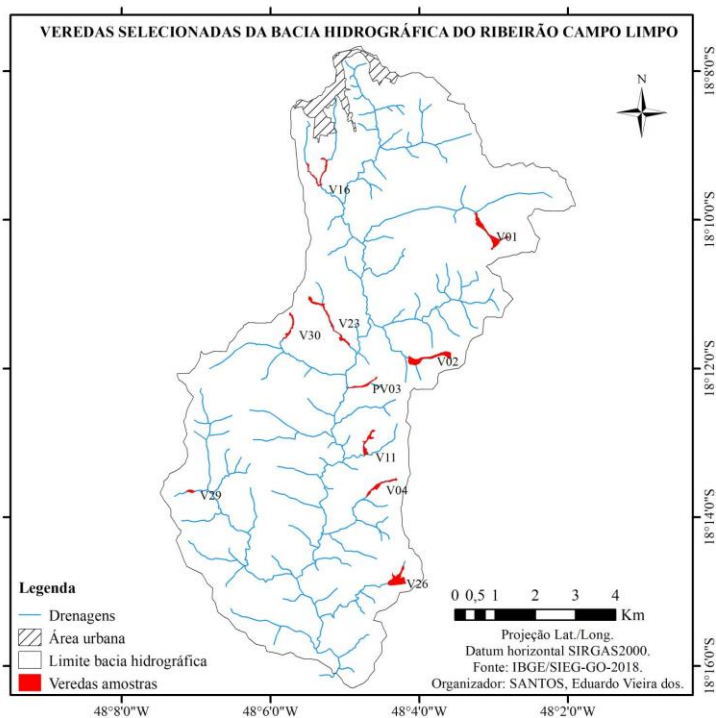


Figura 6: Limites das dez Veredas da B. H. do ribeirão Campo Limpo em Goiandira e Cumari.

Após a delimitação da área de cada Vereda, verificamos a possibilidade de distinção dos diferentes estratos da cobertura vegetal e dos buritis, a partir do mosaico de ortofotos. A resolução média de quatro centímetros permitiu uma boa distinção entre áreas de estrato arbóreo e áreas de estrato herbáceo-arbustivo (Figura 7).



Figura 7: Diferenciação da cobertura vegetal em Vereda na bacia hidrográfica do ribeirão da Areia, estado de Goiás. Escala 1:8. Resolução 5495x2376.

Também foi possível, a distinção dos buritis na cobertura vegetal, bem como, se os mesmos ocorrem de forma linear (Figura 8) ou de forma esparsa em toda área da Vereda (Figura 9).

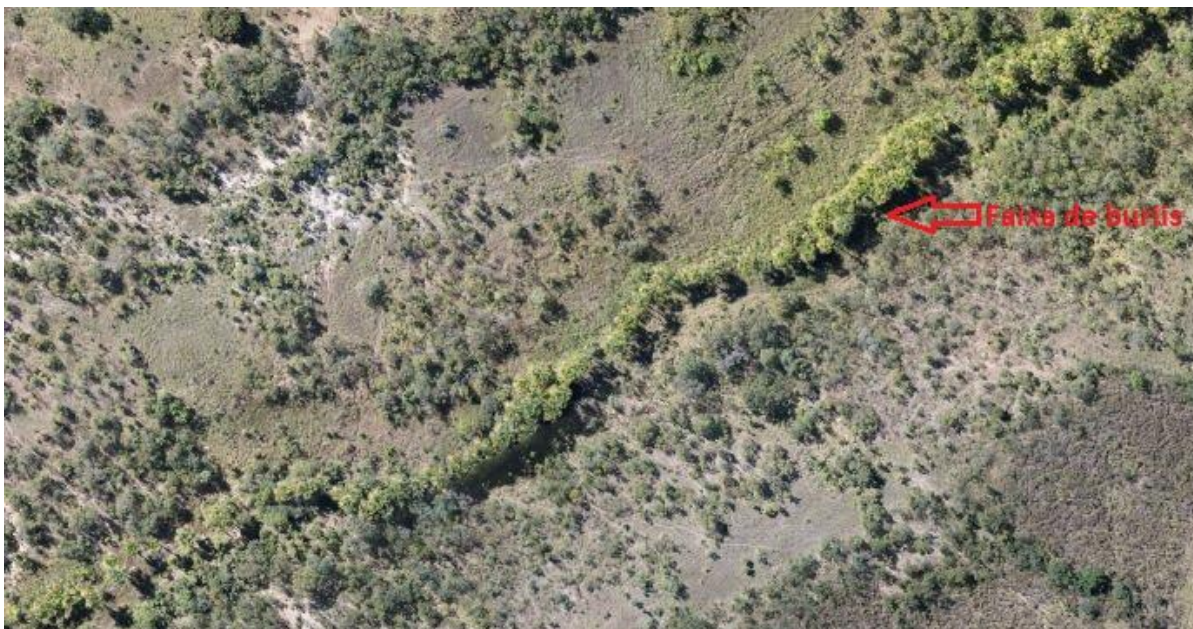


Figura 8: Faixa central de buritis em vereda na bacia hidrográfica do ribeirão da Areia, estado de Goiás. Escala 1:22. Resolução 10152x5322



Figura 9: Vereda com buritis distribuídos por toda sua extensão, bacia hidrográfica do ribeirão da Areia, estado de Goiás. Escala 1:22. Resolução 11241x6012.

Diante dos resultados encontrados verificamos que as geotecnologias são um importante instrumento na análise ambiental. E, assim como Toneli, Carvalho e Arcebi Júnior (2009) já haviam afirmado, contribuem para a compreensão da dinâmica da superfície terrestre. Com introdução recente no campo das geotecnologias, o VANT, tem mostrado versatilidade, com vasta gama de aplicações. Isso foi comprovado pelo bom desempenho na aquisição de fotografias aéreas de alta resolução, as quais podem ser utilizadas na delimitação e caracterização da cobertura vegetal em ambiente de Vereda. Segundo Xavier (2013) o bom desempenho em baixas altitudes e a flexibilidade nas manobras tem propiciado a introdução gradual desta aeronave no campo da cartografia ambiental.

Todavia, a dimensão espacial de algumas Veredas tem impacto direto no levantamento aerofotogramétrico. Especificamente, o VANT de asas rotativas, como o empregado no presente estudo, possui baixa autonomia de voo (cerca de 30 minutos). Como essa autonomia de voo, não é possível cobrir áreas superiores à cerca de 75 hectares, para a altura e sobreposições estabelecidas neste projeto. Portanto, as características do VANT empregado neste estudo, são ideais para o levantamento aerofotogramétrica de pequenas áreas. Em áreas maiores, o ideal, é o emprego de VANT com maior autonomia de voo, como os VANTs de asas fixas, os quais conseguem cobrir área maior com um único voo. Em comparação entre VANT de asas rotativas e de asas fixas Arias, Campiteli e Silva Neto (2017) desmonstraram a maior eficiencia do VANT de asas fixas em área de 600 hectares.

Devido ao tipo de VANT utilizado, ser de asas rotativas, os quais geralmente possuem baixa autonomia de voo, não é possível cobrir uma grande área em apenas um voo, sendo necessária a realização de vários voos para cobrir áreas maiores. Todavia, a realização de mais de um voo para cobrir uma única área gera maiores dificuldades na marcação de pontos de apoio (quando utilizados), e no processamento dos dados, podendo gerar distorções nas junções dos blocos de imagens de voos diferentes.

Pelas fotografias aéreas de alta resolução comprovamos a existência de Veredas fisionomicamente diversas, variando de cobertura vegetal formada por estrato herbáceo-arbustivo com buritis a estrato arbóreo com buritis, demonstrando que, a designação de complexo vegetacional empregada por Brandão, Carvalho e Baruqui (1991) é perfeitamente cabível para essa fitofisionomia. Justamente, por ser um complexo vegetacional formado por diferentes coberturas vegetais o emprego de fotografias aéreas de alta resolução pode contribuir para o melhor conhecimento da cobertura vegetal, além de trazer a vantagem da redução de tempo e custos com os trabalhos de campo, uma vez que o interior das Veredas é de difícil acesso por causa dos diferentes níveis de alagamento.

Devido à necessidade de sobreposição entre as várias fotografias aéreas e como essa sobreposição é reduzida do centro para a borda do mosaico de ortofotos (Figura 10), conforme também foi demonstrado por França (2015), é sempre necessário o planejamento de voo que extrapole a área para a qual se deseja obter informações relevantes. Com a observação dessa condição, no momento do planejamento de voo, as extremidades do mosaico de ortofotos poderão ser eliminadas, quando necessárias, sem comprometer as informações da área de interesse (FERREIRA et al., 2013).

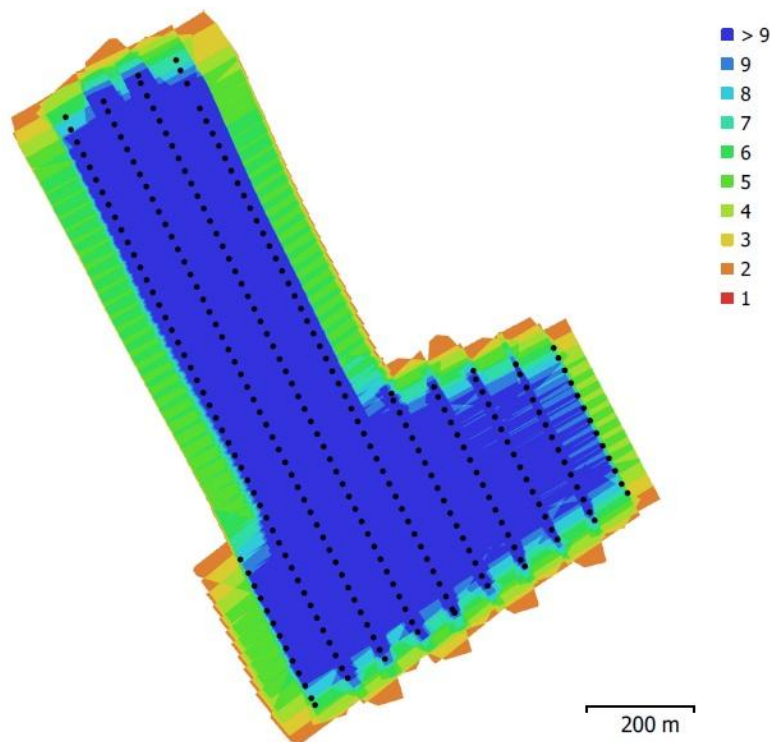


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Figura 10: Gráfico do relatório de processado referente a sobreposição das fotografias do levantamento aerofotogramétrico de vereda na bacia hidrográfica do ribeirão Campo Limpo.

O presente estudo demonstrou o bom desempenho do VANT de asas rotativas para obtenção de fotografias aéreas de alta resolução em Veredas. Contudo, assim como afirma Xavier (2013), ainda existem incertezas sobre o seu desempenho, fruto do reduzido número de estudos efetuados até o presente momento. Dessa forma, são necessários mais estudos com aplicação dessa geotecnologia, a fim de aprimorar seu uso em estudos ambientais.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com o presente estudo comprovamos que as geotecnologias contribuem efetivamente na realização de estudos ambientais, sendo o VANT uma geotecnologia de grande potencial e com bons resultados já comprovados. Entretanto, devemos tomar o cuidado na hora de escolher o tipo de VANT ideal para cada área a ser estudada.

O VANT de asas rotativas se mostrou plataforma com bom desempenho para a obtenção de fotografias aéreas de alta resolução espacial. Estas fotografias, por sua vez, demonstraram alta qualidade, propiciando aplicabilidade em diversos estudos. Além disso, representam novo mecanismo para auxiliar nos estudos em Veredas. No presente estudo, comprovamos serem capaz de contribuir para a delimitação da área de cada Vereda e na distinção dos diferentes estratos da cobertura vegetal, bem como, para diferenciar os buritis de outras espécies vegetais.

Antes de finalizar as exposições do presente trabalho é válido ressaltar que o uso de VANT tem crescido muito nos últimos anos, levando as autoridades a buscarem meios para disciplinar esse uso, pelo risco que representa. Especificamente no Brasil, o uso de VANT é regulamentado pelo Regulamento Brasileiro de

Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), sendo este, complementar às normas de operação de VANTs estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARIAS, A.; CAMPITELI, M.; SILVA NETO, M. **Drone e produtividade: asa fixa x multirotor**. 2017. E-book. Disponível em: <https://conteudo.droneng.com.br/e-book-asa-fixa-x-multirotor>. Acesso em 24 abr. 2017.

BOAVENTURA, R. S. Contribuição aos estudos sobre a evolução das Veredas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS*, 3., 1978, Fortaleza. **Comunicações** [...]. Fortaleza: [s. n.], 1978. p. 13-17.

BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G. S.; BARUQUI, F. M. Veredas: uma abordagem integrada. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 5-8, 1991.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94, de 2 de maio de 2017**: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00>. Acesso em: 11 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa/Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Voos de VANT (drones): entenda melhor**. 2015. Disponível em: <https://www.decea.gov.br>. Acesso em: 16 abr. 2019.

CÂNDIDO, A. K. A. A. **Tratamento de imagens orbitais e suborbitais para caracterização ambiental da cabeceira do rio São Lourenço-MT**. 2012. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2012.

CASTRO, J. P. C. As Veredas e sua proteção jurídica. **Análise e Conjuntura**, Belo Horizonte, v. 10, n. 5-6, p. 321-333, mai./jun., 1980.

CENTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA - CTE; SISTEMA NATURAE. **Estudo integrado da bacia hidrográfica do rio Veríssimo**. Goiânia, 2006. v. 1.

COSTA JUNIOR, J. T. **O uso de VANT no monitoramento ambiental**: estudo de caso do rio m'boicy. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2017.

FERREIRA, A. M. R. *et al.* Utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e Modelo Digital de Elevação de altíssima resolução espacial. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 9308-9315.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRANÇA, E. F. S. de. **Deteção e caracterização de Áreas de Preservação Permanente, por meio de imagens aéreas de alta resolução espacial**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2015.

GONZALEZ, L. F. *et al.* Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. **Sensors**, Switzerland, v. 16, n. 1, p. 1-18, jan. 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220>. Acesso em: 25 abr. 2019.

IANHES, A. C. *et al.* Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SE.22 Goiânia. Rio de Janeiro: DNPM, 1983. p. 23-348. (Levantamento de Recursos Naturais; 31).

LONGHITANO, G. F. **VANTs para sensoriamento remoto**: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MAMEDE, L. Geomorfologia. In: LACERDA FILHO, J. V.; REZENDE, A. SILVA, da A. **Geologia e recursos minerais do estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM / METAGO /UnB, 2000. p. 15-18.

MARTINS, E. S. F. **Geração e atualização de bases cartográficas a partir de dados de elevação SRTM**: um estudo de caso para as bacias do atlântico nordeste ocidental. 2007. 63 f. Trabalho de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

MELO, D. R. **As Veredas nos planaltos do Noroeste Mineiro**: caracterizações pedológicas e os aspectos morfológicos e evolutivos. 1992. 219 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

MELO, D. R. **Evolução das Veredas sob impactos ambientais nos geossistemas Planaltos de Buritizeiros/MG**. 2008. 341 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PIRES, A. S. **Implementação de novas tecnologias para preservação de bacias hidrográficas**: desenvolvimento de metodologia para mapeamento de áreas de reserva. 2016. 103 f. Monografia (Graduação em Engenharia Eletrônica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PIRES, E. V. R. *et al.* Geoprocessamento aplicado a análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 4, p. 1528-1538, 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2321/2162>. Acesso em: 23 jul. 2018.

ROBERTO, A. J. **Extração de informação geográfica a partir de fotografias aéreas obtidas com VANTs para apoio a um SIG municipal**. 2012.108 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informações Geográfica) – Universidade do Porto, Porto, 2012.

SERRA, L. A. de O. **O potencial dos UAV para atualização de cartografia municipal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

SOARES, F. Q. **Utilização de drones para preservação da biodiversidade do Cerrado no Jardim Botânico de Brasília**. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SPADOTTO, A. J. Análise jurídica e ambiental do uso de drones em área urbana no Brasil. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 611-630, abr. 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/21809>. Acesso em: 15 abr. 2019.

TONELI, C. A. Z.; CARVALHO, L. M. T.; ARCEBI JUNIOR, F. W. Utilização das imagens Landsat TM nas épocas de verão e inverno para classificação de diferentes formações vegetais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: INPE, 2009. p. 3127-3134.

TOPODATA. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. 2018. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso em: 20 fev. 2018

VEIGA, T. C.; SILVA, J. X. da. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: o caso do município de Macaé – RJ. *In*: SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. (org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2004. p. 179-215.

VIANA, M. B. **Programa de preservação de Veredas na área de influência da UEH de Miranda**. 1987. 25 f. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1987.

XAVIER, R. **A utilização do VAMT em levantamentos ambientais**. 2013. 35 f. Artigo (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

WALTER, B. M. T.; CARVALHO, A. M. de; RIBEIRO, J. F. O conceito de savana e de seu componente Cerrado. *In*: SANO, S. M. (ed.); ALMEIDA, S. P. de (ed.); RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1.

AValiação DA TÉCNICA DE Fusão DE IMagens DO SATÉLITE LANDSAT 8 SENSOR OLI COM ORFEO MONTEVERDI

Fernanda Dantas Benvindo¹; Karla da Silva Rocha¹
Autor para correspondência: ferdantasb@gmail.com

¹LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO/UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE - LAGEOP/UFAC

RESUMO

A obtenção de imagens e a coleta de dados pela técnica de sensoriamento remoto tem se tornado um grande recurso tecnológico para a agricultura. Esta técnica, possibilita a utilização e análise de dados em diferentes recortes temporal e espacial para compreender a dinâmica de uso da terra em diferentes áreas. O processo de fusão é um método de processamento digital de imagens que permite gerar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem original. Isto permite melhor interpretar e analisar diferentes alvos na superfície terrestre tendo em vista a melhor qualidade visual da imagem. Neste sentido o presente trabalho buscou avaliar o método de fusão de imagens utilizando as ferramentas e algoritmos do Orfeo Toolbox, bem como responder as seguintes perguntas: As técnicas de fusão facilitam o processo interpretativo de imagens orbitais de média resolução? As imagens obtidas através do processo de fusão mantêm as suas características radiométricas? Para isto, fez-se uso de uma imagem do satélite Landsat-8/OLI, composição RGB 432 (cor verdadeira). Esta imagem possui uma resolução espacial original de 30 metros a qual, após processo de fusão com a banda pancromática do sensor OLI (banda 8), passou a possuir 15 metros de resolução. Resultados mostram que a imagem multiespectral fusionada obteve desempenho satisfatório com relação a qualidade visual da imagem, facilitando assim o processo de interpretação utilizando as técnicas de fotointerpretação. Também foi possível concluir que a imagem não sofreu nem uma alteração radiométrica, mantendo assim a fidelidade espectral.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura; Processamento de Imagens; Sensoriamento Remoto

EVALUATION OF FUSION TECHNIQUES ON LANDSAT 8 SATELLITE IMAGE OLI SENSOR WITH ORFEO MONTEVERDI

ABSTRACT

The acquisition of images and data collection by the remote sensing technique has become a great technological resource for agriculture. This technique allows the use and analysis of different temporal and spatial data to understand the dynamics of land use in different areas. The fusion process is a digital image processing method that allows to generate a new image with better spatial resolution than the original image. This allows better interpreting and analyzing different targets on the Earth's surface in view of better visual quality of the image. Therefore, this paper sought to evaluate the fusion method of image processing, using the tools and algorithms of the Orfeo Toolbox. It also tried to answer the following questions: Do fusion techniques facilitate the interpretive process of medium resolution orbital images? Do the images obtained through the fusion process maintain their radiometric characteristics? For this, an image of the satellite Landsat-8 / OLI, composition RGB 432 (true color) was used. This image has an original spatial resolution of 30 meters which, after merging with the panchromatic band of the OLI sensor (band 8), now has 15 meters of resolution. Results show that the fused multispectral image obtained satisfactory performance in relation to the visual quality of the image, thus facilitating the interpretation process using photointerpretation techniques. It was also possible to conclude that the image did not undergo a radiometric alteration, thus maintaining spectral fidelity.

KEY-WORDS: Agriculture; Image processing; Remote sensing

INTRODUÇÃO

Quando se fala em agricultura, o monitoramento da propriedade torna-se fator importante para o sucesso do produtor. Atividades como mapeamento, classificação de áreas, georreferenciamento, direcionamento de maquinários agrícolas (telemetria), bem como as constantes ações antrópica, necessitam de monitoramento. Sendo as geotecnologias, e em especial o sensoriamento remoto, uma fonte rápida e dinâmica para produção de informações confiáveis que possam ser utilizadas no processo de gestão da propriedade.

Neste sentido, os recursos proporcionados por esta geotecnologia tornaram-se grandes aliados para o alcance do sucesso do produtor. As geotecnologias são um conjunto de técnicas para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica de uma determinada localidade. Entre estas geotecnologias está o sensoriamento remoto. O qual possibilita a obtenção de imagens e coleta de dados, por meio de sensores sem a necessidade do contato direto com o local. Esses sensores captam dados que geram informações em resoluções espacial, espectral, temporal e radiométrica diferenciada dependendo do sensor utilizado (SOARES et al., 2015). Imagens obtidas por estes sensores permitem fazer levantamentos periódicos facilitando a compreensão da dinâmica natural da vegetação, identificação e quantificação de áreas, monitoramento de animais e plantações, identificação de possíveis problemas como erosão, deslizamentos de terras, secas, entre outras funções que são oportunizadas por meio dessa técnica (KALAF et al. 2013).

Segundo Barros et al. (2014) a utilização de imagens de satélites estão se intensificando dado seu baixo custo, grande disponibilidade de dados, larga cobertura da superfície terrestre em formato digital, rapidez e confiabilidade nos dados produzidos. Isto torna o uso de imagens obtidas por sensoriamento remoto viáveis aos mais diversos tipos de aplicação. Deste modo, métodos de processamento digital de imagem - PDI são aplicados com a finalidade de obter melhores resultados e maior precisão das informações produzidas. Neste sentido, PDI vem sendo cada vez mais sendo utilizados por órgãos governamentais que necessitam fazer monitoramento e fiscalização de áreas subsidiando, assim, mecanismos de governança ambiental.

As técnicas de PDI são de fundamental importância para interpretação e análises de imagens coletadas pelos sensores. Elas facilitam a interpretação, identificação e a obtenção de informações de diferentes alvos contidos na imagem, através do reconhecimento de alvos e padrões de cobertura da terra (ROCHA et al. 2013), proporcionando assim uma maior precisão no mapeamento. Dentre estas técnicas de PDI está o processo de fusão, o qual consiste em gerar uma imagem a partir da integração da resolução espacial da banda pancromática com as imagens multiespectrais de baixa resolução, para a extração de informações de maior qualidade. Neste sentido, este trabalho, buscou responder as seguintes perguntas: As técnicas de fusão com uso do Orfeo Toolbox facilitam o processo interpretativo de imagens orbitais de média resolução? As imagens obtidas através do processo de fusão mantem as suas características radiométricas?

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de fusão em imagens de média resolução através do uso dos algoritmos do Orfeo Toolbox (OTB) utilizando imagens do satélite Landsat-8/OLI no software QGIS 2.18. Especificamente, procurou-se avaliar a qualidade visual após aplicação da técnica de fusão; a fidelidade espectral entre as imagens antes e depois do processo de fusão e validar a metodologia utilizada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado sobre uma imagem do satélite Landsat-8, sensor OLI (Operational Land Imager), no ponto 067 e órbita 001 (**Figura 1**). Esta imagem corresponde a uma área rural dos municípios de Senador Guiomard e Acrelândia no estado do Acre.



Figura 1. Imagem do satélite do Landsat 8, sensor OLI, composição colorida RGB (432). Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Metodologia

Técnicas de processamento de imagem foram utilizadas de modo a avaliar o desempenho e capacidade de melhorar as características visuais qualitativas das imagens do satélite Landsat 8/OLI. Estas técnicas são imprescindíveis para que possa subsidiar mecanismos de governança ambiental, tais como monitoramento e fiscalização de áreas. A metodologia desenvolvida neste trabalho seguiu as etapas apresentada na **Figura 2**.

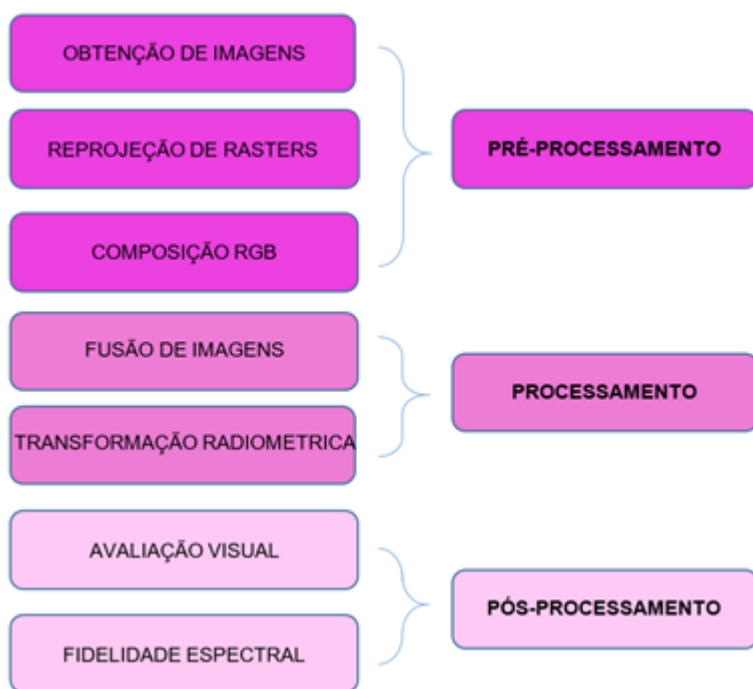


Figura 2. Etapas metodológicas.

Pré-processamento

As imagens foram obtidas do banco de imagens do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). São imagens obtidas pelo sensor OLI a bordo do satélite Landsat-8, referentes a órbita 001, ponto 067, com passagem no dia 06 de julho de 2018, às 14:32:34 (metadados). A cena, bem como a data selecionada, teve como requisito o período mais recente com boa qualidade, pouca ou nenhuma cobertura por nuvens.

Após a aquisição das imagens, iniciou-se o pré-processamento digital, onde foi utilizado o software livre QGIS 2.18, neste foi realizado o procedimento de reprojeção das cenas para WGS84/ 19S. Este procedimento objetivou corrigir as imagens utilizadas para que as mesmas pudessem ser utilizadas com outras coberturas de dados.

Em seguida executou-se a composição multiespectral ou empilhamento de bandas que consistiu em unir, em uma única imagem, as bandas da imagem de satélite, esta técnica também foi realizada com auxílio do QGIS. As bandas empilhadas foram as bandas 4, 3, 2, RGB referentes a cor verdadeira.

Processamento

De posse da imagem já pré-processada, iniciou-se o processo de fusão das imagens, visando melhorar a resolução da imagem de 30 metros para 15 metros. Para isto, utilizou-se o Orfeo ToolBox (OTB). O OTB é uma biblioteca de código aberto para sensoriamento remoto que empresta seus algoritmos para serem usados por softwares de processamento de imagens. Nesse trabalho, foi utilizado o software livre QGIS 2.18. Primeiramente uma composição de bandas entre a pancromática (Banda 8), com resolução espacial de 15m, e a multiespectral (4R 3G 2B), com 30 metros, foi realizada utilizando a ferramenta Superimpose sensor. Em seguida a fusão foi realizada utilizando o algoritmo Pansharpening (rcs).

Após o processo de fusão foi gerada uma imagem multiespectral colorida (4R3G2B) com a resolução espacial final de 15 metros, ou seja, a capacidade de detectar os objetos da superfície terrestre nessa imagem após o processo de fusão passou de 30 metros para 15 metros. Pois quanto menor o pixel maior a resolução espacial, aumentando assim o número de detalhes possíveis de se observar na imagem.

O propósito do processo de fusão é aplicar um filtro passa baixa à banda pancromática. Esse filtro traz um efeito visual de suavização sem alterar a média da imagem, tendendo assim a minimizar ruídos e apresentar o efeito borramento na imagem (INPE, 2006). Em seguida normalizou-se os dados multiespectrais com a banda pancromática utilizando um filtro passa baixa e multiplicou-se o resultado com a banda pancromática original (OTB, 2018). De acordo com o Guia OTB 2018, a operação de fusão é definida da seguinte forma:

$$\frac{\text{Multiespectral}}{\text{Filtro}(PAN)} PAN \quad \text{Eq. (117)}$$

Após a fusão, procedeu-se a transformação radiométrica da imagem fusionada para 16 bit, usando um parâmetro do GDAL que faz interface gráfica com o QGIS. Esse recurso permitiu a redução do tamanho da imagem fusionada, facilitando assim a utilização da mesma em ambiente de trabalho no software utilizado.

Pós-processamento

Essa etapa, consistiu na comparação das imagens multiespectral (30 m) e fusionada (15 m), objetivando avaliar a qualidade da imagem obtida bem como se houve modificações na radiometria da imagem decorrente deste processo. Para isto, foram selecionados os mesmos alvos nas duas imagens, permitindo a identificação visual e avaliação da fidelidade espectral. Parâmetros estatísticos e histogramas para cada banda das duas imagens foram gerados, tanto para imagem multiespectral quanto para imagem fusionada:

O valor médio (μ) de uma imagem digital (i) é a somatória dos valores de níveis de cinza (nc), de todos os pixels da imagem, dividido pelo número total de pixels (n).

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^n}{n} \quad \text{Eq. (118)}$$

O desvio padrão (δ) informa sobre a homogeneidade, maior ou menor, ou heterogeneidade de uma imagem digital. É calculado pela raiz quadrada da somatória da subtração dos níveis de cinza (nc) e do valor médio de uma imagem digital (μ_i) elevado ao quadrado, dividido pelo número total de pixel (n) menos 1.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (nc_k i - \mu_i)^2}{n - 1}} \quad \text{Eq. (119)}$$

O coeficiente de correlação (ρ) mede a semelhança entre duas imagens (a e b) e seus respectivos conjuntos de dados numéricos, é a divisão do valor de covariância pela raiz quadrada do produto dos desvios padrões dos conjuntos de dados a e b sendo definido pela formula:

$$\rho = \frac{Cov_{ab}}{\sigma_a \sigma_b} \quad \text{Eq. (120)}$$

Esses valores variam de -1 a 1, onde valores próximos a -1 indicam alta correlação negativa e 1 alta correlação positiva. Valores próximos a 0 indicam baixa correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os objetivos proposto neste trabalho e para responder a primeira pergunta: As técnicas de fusão com uso do Orfeo Toolbox facilitam o processo interpretativo de imagens orbitais de media resolução? Foi realizada a primeira análise deste trabalho a qual consistiu em comparar a imagem multiespectral com a imagem gerada com o processo de fusão. Para isto alvos idênticos nas duas imagens foram selecionados e comparados em termos de nitidez, ganhos de detalhes, textura, coloração e outros atributos visuais que pudessem facilitar a interpretação.

Após o processamento da imagem, foi possível obter uma melhor visualização da imagem em termos de nitidez e detalhes tendo em vista a melhoria na resolução espacial. Pode-se perceber também uma melhor textura e um melhor contraste na imagem. Isto pode ser observado quando comparamos as imagens da **Figuras 3a** (imagem multiespectral bruta com 30 metros de resolução) com a **Figuras 3b** (imagem fusionada com 15 metros de resolução). A vegetação densa, áreas de pastagem, áreas agrícolas, áreas com pouca vegetação, áreas de preservação permanentes, solo exposto e estradas ficaram mais fáceis de visualizar e delimitar se diferenciando assim mais facilmente uma da outra na imagem fusionada. Isto permitiu a interpretação de forma mais precisa, facilitando assim a aplicação das técnicas de interpretação de imagem.



Figura 3. a) Imagem multiespectral (4,3,2) com 30 metros. b) Imagem fusionada com resolução de 15 metros. Fonte: INPE.

As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 mostram uma comparação entre os diferentes alvos coletados na imagem de satélite. Estes alvos, foram escolhidos de modo a representar diferentes classes de cobertura da terra encontrados na imagem. Quando analisados e comparados qualitativamente, podemos observar que houve um ótimo ganho visual após a técnica de fusão. Este ganho visual facilitou consideravelmente a identificação de alvos utilizando as técnicas de fotointerpretação. Elemento de reconhecimento como cor, tonalidade, textura, forma e padrão mostraram melhor definição e nitidez, facilitando o processo de reconhecimento do alvo.

Elementos de reconhecimento utilizados na análise interpretativa visual qualitativa antes e depois do processo de fusão:

1 - Tonalidade e cor: refere-se ao brilho relativo ou a cor de objetos em uma imagem, é considerado um dos elementos fundamentais para se distinguir entre objetos específico e outras feições, facilitando inclusive a distinção de outros elementos, elementos de reconhecimento como forma, textura e padrão. Neste trabalho foi possível observar após o processo de fusão uma maior diferenciação de tonalidades e cores para os alvos analisados, ex.: vegetação densa e solo exposto (**Figura 4**).



Figura 4. Tonalidade: Diferenciação de tonalidades e cores da vegetação densa e solo exposto. Imagens multiespectral (esquerda) e fusionada (direita).

2 - Forma: É um dos elementos de mais fácil percepção, é considerada como uma expressão topográfica ou de contorno de grande importância para identificar formas fisiografias construcionais. Neste trabalho após o processo de fusão as formas ficaram mais nítidas e mais distintas como pode ser observado na **Figura 5** o piqueteamento de uma propriedade e as estradas. Geralmente, quando vemos formas com traçados retos e uniformes em imagens, estas representam aspectos humanos como casas, estradas, cercas. Além de aspectos humanos a forma também destaca aspectos naturais como por exemplo extremidades de floresta e contornos de rios que também foram analisados qualitativamente após o processo de fusão.

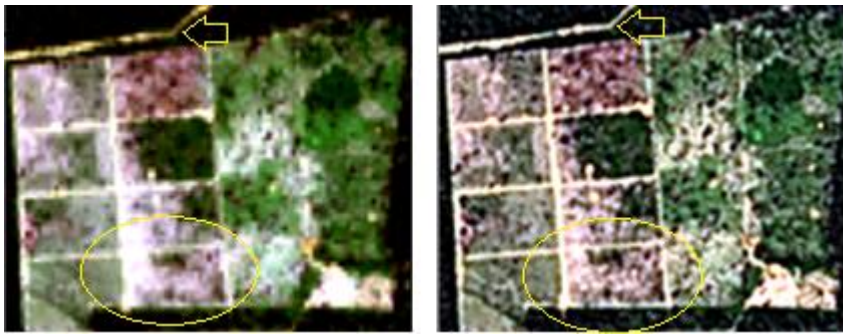


Figura 5. Forma: Nitidez e distinção nas formas de piqueteamento e estradas. Imagens multiespectral (esquerda) e fusionada (direita).

3 - Textura: Refere-se a ao arranjo e frequência de variações tonais em áreas particulares de uma cena, ela representa o arranjo de muitos elementos iguais ou similares, que estão em uma área ou que em conjunto compõe um objeto. Por exemplo, dependendo da resolução espacial da imagem é possível identificar uma árvore individualmente ou analisar a textura de um conjunto de arvore. Isto, permite identificar uma área de floresta e em alguns casos até que tipo de floresta. Neste trabalho foi possível avaliar a textura rugosa na área de floresta densa e a textura suave ou lisa das águas do rio (**Figura 6**).

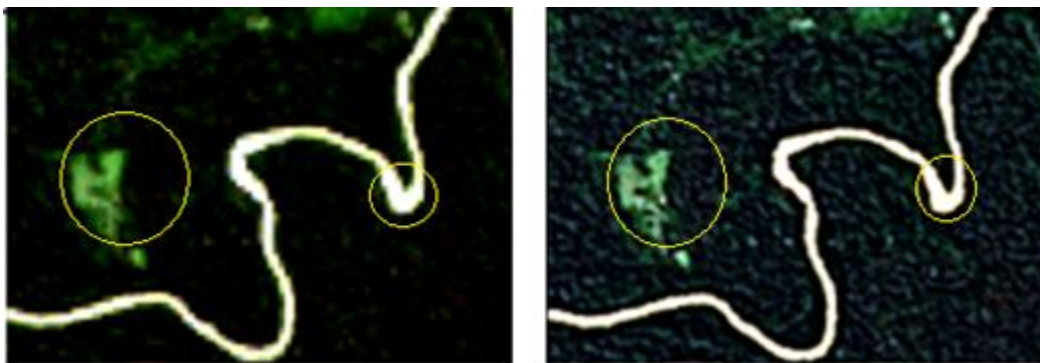


Figura 6. Textura: Diferenciação de textura na floresta e agua do rio. Imagens multiespectral (esquerda) e fusionada (direita).

4 - Padrão: O padrão caracteriza-se pela união ou extensão das formas, é o arranjo repetitivo de objetos visíveis na imagem. Existem vários padrões na natureza que são facilmente identificados pelo foto interprete, principalmente quando se utiliza de técnicas de PDI para melhoria da qualidade da imagem. Entre estes padrões podemos destacar alguns observados neste trabalho como por exemplo, uma bacia de drenagem **Figura 7** que apresenta um padrão característico que o distingue de todos os outros tipos de uso da terra e o padrão típico de um complexo industrial (**Figura 8**), como por exemplo neste trabalho foi possível identificar o complexo industrial peixes da Amazônia.



Figura 7. Padrão: Bacias de drenagem.



Figura 8. Padrão: Complexo industrial.

Existem várias metodologias que utilizam diferentes algoritmos de PDI para adquirir melhores resultados na extração de dados através de imagens de satélite. Estas metodologias permitem identificar diferentes feições geográficas e alterações da cobertura vegetal na superfície da terra. Soares et al. (2015), encontrou resultados muito parecidos, com o processo de fusão de Gram-Schmidt, onde a imagem fusionada apresentou definição e nitidez mostrando um sobressalto na identificação dos alvos de áreas antropizadas e solo exposto. Lima et al. (2015), comparou as técnicas de fusão IHS, Gram-Schmidt e Principal Componentes, esta última apresentou melhor conservação de cores. Já a IHS obteve uma variação nas cores altamente significativa, principalmente na área de vegetação densa, e Gram-Schmidt teve como resultado uma imagem mais opaca, onde se obteve a perda de tonalidade. Neste trabalho a técnica de fusão Pansharpening (rcs) utilizada, demonstrou melhoria na nitidez e definição no contorno dos alvos escolhidos. A tonalidade e coloração facilitou ainda mais a distinção de elementos, como vegetação densa e solo exposto, áreas de pastagens, estradas e rios validando assim a melhoria visual do processo empregado.

A segunda análise consistiu em responder a seguinte pergunta: As Imagens obtidas através do processo de fusão mantem as suas características radiométricas? Para isto, uma análise espectral foi realizada com a imagem de satélite utilizada. Esta análise levou em consideração parâmetros estatísticos de valores médio de pixel, desvio padrão e grau de correlação tanto nas imagens multiespectral com 30 metros de resolução, como na imagem fusionada com 15 metros de resolução, a **Tabela 1** mostra os valores obtidos para cada imagem. É possível observar que os valores encontrados apresentaram pequenas diferenças, para cada imagem, mostrando que o ganho com relação a nitidez, detalhes, textura e contraste não alterarão os aspectos radiométricos da imagem. Isto, demonstra uma fidelidade da imagem gerada em relação a imagem original, ou seja, o ganho em aspectos visuais não alterou as informações contidas na imagem fusionada, sendo esta uma imagem visualmente mais detalhada, melhor resolução espacial.

Tabela 1. Atributos estatísticos das imagens multiespectral e fusionada.

	IMAGEM	MÉDIA	DP
BANDA 2	MULTI	5708	3759
	FUSÃO	5709	3764
BANDA 3	MULTI	5265	3483
	FUSÃO	5267	3489
BANDA 4	MULTI	4715	3154
	FUSÃO	4717	3162

MULTI= Multiespectral; DP= Desvio Padrão.

De acordo com Pesck et al. (2011), o resultado da média da imagem está relacionado com o brilho, assim como para Soares et al. (2015) o contraste da imagem está associado com o valor encontrado para o desvio

padrão (DP). Uma menor diferença de valores entre a imagem multiespectral e fusionada, implica na conservação desses atributos após a técnica de fusão. Conservar esses atributos mostra que a técnica não resultou em modificações na característica espectral. Tendo assim as modificações acontecido apenas a nível de resolução espacial.

Para Magalhães et al. (2011), o valor do grau de correlação (GC) entre as bandas das imagens multiespectral e fusionada indica a veracidade das informações contidas na imagem final, ou seja, valores próximos a 1 indicam que a maioria das informações são fidedignas a imagem real. Para o processo de fusão realizado neste trabalho, os valores estatísticos de média e DP, mostraram pouca diferença entre as imagens, implicando que o brilho e o contraste foram conservados, com pouca divergência da imagem original. O GC apresentou valor de 0,99 para as bandas, o valor próximo de 1 exprime confiabilidade nas informações contidas nas imagens.

Os histogramas apresentados abaixo (**Figura 9 e 10**), são respectivamente das imagens multiespectral e fusionada. É possível observar que após o processo de fusão, os valores de pixel mostram uma melhor distribuição das frequências dos níveis de cinza nas três bandas de cada imagem trabalhada, porém o intervalo dos valores do eixo X são mantidos. Desta forma, o processo de fusão de imagens empregado neste trabalho, mostrou resultados estatísticos e visuais adequados, conseqüentemente valida a metodologia aplicada. O histograma é uma das formas mais comuns de se representar e testar os níveis radiométricos ou distribuição dos níveis de cinza de uma imagem (MENESES e ALMEIDA, 2012).

O eixo X indica os diferentes níveis de cinzas para cada banda presente na imagem, para a imagem multiespectral com 30 metros de resolução (**Figura 9**), as distribuições desses valores variam aproximadamente entre 7.800-9.400, 6.900-9.200 e 6.100-9.400, respectivamente para as bandas 2, 3 e 4. Nos resultados obtidos no eixo Y, temos a frequência com que esses níveis de cinza aparecem, neste mesmo histograma temos frequências variadas até 37.000, 26.000 e 34.000, nesta ordem para as bandas 2, 3 e 4. Na **Figura 10**, o histograma da imagem fusionada com 15 metros de resolução apresenta frequências (eixo Y) das bandas 2, 3 e 4 respectivamente de até 130.000, 127.000, 152.000 e as medidas de X diversificam entre 7.300-9.800, 6.600-9.600 e 5.900-10.000, nesta ordem para 2, 3 e 4.

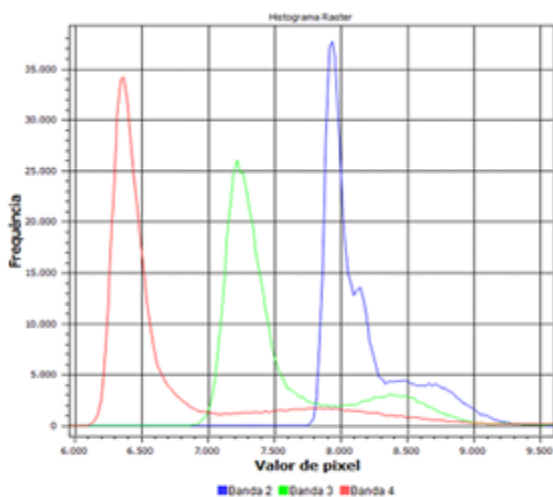


Figura 9. Histograma da imagem multiespectral.

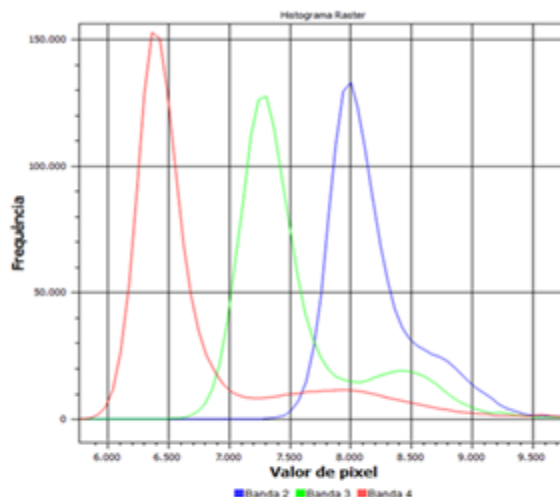


Figura 10. Histograma da imagem fusionada.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O método de fusão utilizando os algoritmos do OTB permitiu concluir que a avaliação visual da imagem fusionada do sensor do Landsat-8 apresentou ganho na qualidade da imagem devido à melhoria na resolução espacial. Permitindo assim uma melhor visualização e identificação de alvos que não são observáveis em imagens de média resolução espacial. Isto pode ser validado quando comparado as duas imagens (antes e depois processo de fusão), mostrando assim um ganho visual na nitidez, contraste e nitidez tornando mias

fácil a distinção de objetos como: rodovias, piqueteamento, bacias hidrográficas, complexos industriais e cobertura vegetal.

As análises estatísticas com relação a média, desvio padrão e grau de correlação, apresentaram desempenho satisfatório, entre as imagens original e fusionada, externando que características como contraste, brilho e alvos divergentes não sofreram grandes modificações apresentando o resultado muito próximo do original.

Com base nas duas análises realizadas, avaliação espacial e visual da imagem após aplicação da técnica de fusão e análise da fidelidade radiométrica entre as imagens antes e depois do processo de fusão pode se concluir que a técnica de fusão utilizada permite obter ganhos satisfatórios na qualidade visual da imagem sem prejudicar ou modificar as informações espectrais da imagem original, validando assim a técnica de fusão utilizada, tendo a imagem melhorada em qualidade sem afetar as características radiométricas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre - LAGEOP/UFAC, pela estrutura física e logística oferecida para a realização desta pesquisa

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARROS, W. M.; MARCATO JUNIOR, J.; MARINI, L. B.; PARANHOS FILHO, A. C. Análise da acurácia posicional de imagens do Pantanal coletadas pelos sensores CCD/ CBERS-2B e OLI/Landsat-8. *In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 5, 2014. **Anais...** Campo Grande-MS: INPE, 2014, p. 261-267.

INPE. **Teoria: Processamento de Imagens.** [S. l.], 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/filtrage/filtragem.htm>>. Acesso em: 10 jan 2019.

KALAF, R.; BRASILEIRO, R.; CARDOSO, P.V.; CRUZ, B.M.C. Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala. *In: Congresso Brasileiro de Geoprocessamento*, 4. 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/51/resumo-geotec-roberta-raissa-1_1374611841.pdf

LIMA, D. de; PEREIRA, G. K.; RIBEIRO, S. R. A. Comparação entre os métodos de fusão ihs, principal components e gram-schmidt aplicados à imagem do satélite LANDSAT 8 sensores OLI. *In: Semana de Geografia*, 22, 2015, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2015. Tema: Concepções Geográficas: Rompendo Barreiras Disciplinares, p. 112-116. Disponível em: <http://www.pitangui.uepg.br/eventos/semanadageografia/_PDFs/20151/LIMA,%20PEREIRA,%20RIBEIRO.pdf>. Acesso em: 17 jan 2019.

MAGALHÃES, I. A. L.; QUINTO, V. M.; PENA, F. E. da R.; SAVEDRA, M. O.; SANTOS, A. R. dos S. Análise comparativa entre técnicas de fusão de imagens de alta resolução espacial do satélite quickbird. **Cadernos de Geociências**. Salvador, v. 8, n. 2, p. 82-91, 2011. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/5479/0>>. Acesso em: 5 jan 2019

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: Universidade de Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

ORFEO TOOLBOX. **The ORFEO Tool Box Software Guide Updated for OTB-6.6.1.** [S. l.]: OTB Development Team, 2018. Disponível em: <<https://www.orfeo-toolbox.org/SoftwareGuide/index.html>>. Acesso em: 15 dez 2018.

PESCK, A.V.; DISPERAT, A.A.; SANTOS, J.R. Comparação de Técnica de Fusão aplicadas a imagens Quickbird-2. **Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 127-134, abr/jun, 2011. Disponível em:

<http://www.academia.edu/33556532/Compara%C3%A7%C3%A3o_de_T%C3%A9cnicas_de_Fus%C3%A3o_aplicadas_%C3%A0_Imagem_Quickbird-2>. Acesso em: 09 jan 2019.

ROCHA, K, da S.; MARIK, M.; CHAVES, A.; PERZ, S, G. Image processing and land-cover change analysis in the tri-national frontier of Madre de Dios (Peru), Acre (Brazil), and Pando (Bolivia) - MAP: an increasing demand for data standardization, 2013. **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE.

SOARES, R. B.; SOARES, C. B. S. da S.; COSTA, J. A. L. da; COSTA, S. dos S.; SOARES, R. B. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015. **Anais...** João Pessoa-PB: INPE, 2015, p. 4836-4843.

DINÂMICA DO NDVI CALCULADO A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE METEOROLÓGICO GOES-16

Jurandir Zullo Junior^{1,2}; Renata Ribeiro do Valle Gonçalves¹; Bruno Felipe Veloso¹; Wesley Ricardo da Silva Satelis¹

Autor para correspondência: jurandir@cpa.unicamp.br

¹Cepagri/Unicamp; ²CNPq

RESUMO

O cálculo de índices de vegetação a partir de dados e imagens de satélites meteorológicos e de observação da Terra tem registrado um interesse crescente motivado pela possibilidade de utilização de modelos agrometeorológicos-espectrais em aplicações relevantes, como o monitoramento da evolução dos plantios das principais culturas agrícolas do país. A entrada em operação do satélite meteorológico GOES-16, em 18 de dezembro de 2017, como o satélite operacional GOES-EAST da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), abre uma nova perspectiva para os monitoramentos ambientais e agrícolas devido à sua grande resolução temporal, com imagens adquiridas, atualmente, a cada 10 minutos, de uma área correspondente a 1/3 do globo terrestre, e à inclusão de uma banda espectral na faixa do infravermelho próximo. Sendo assim, o objetivo deste artigo é fazer uma avaliação inicial do potencial deste novo satélite para a geração de dados do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) visando os monitoramentos agrícola e ambiental a partir da utilização prática de modelos agrometeorológicos-espectrais.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem; Sensoriamento Remoto; Índices de Vegetação

DYNAMICS OF THE NDVI VEGETATION INDEX CALCULATED FROM IMAGES OF THE METEOROLOGICAL SATELLITE GOES-16

ABSTRACT

The calculation of vegetation indices from meteorological and Earth observation satellites data and images has been of growing interest due to the possibility of using agrometeorological-spectral modeling in real related applications, especially with the monitoring of the main Brazilian agricultural crops. The launch of the GOES-16 satellite, on December 18, 2017, as the NOAA GOES-East operating satellite, opens a new perspective for environmental monitoring due to its very high time resolution, with images every 10 minutes covering 1/3 of the terrestrial globe, and to the existence of a near-infrared spectral band. Therefore, the objective of this article is to show the potential of this new satellite in the generation of NDVI (normalized difference vegetation index) data useful for agricultural and environmental monitoring from spectral agrometeorological models.

KEY-WORDS: Modeling; Remote Sensing; Vegetation Indices

INTRODUÇÃO

A modelagem agrometeorológica-espectral é um tema de pesquisa que tem tido uma evolução significativa no Brasil ao longo do tempo, com vários modelos já desenvolvidos e publicados por grupos de pesquisa que atuam há vários anos neste assunto. Como exemplo, podem ser mencionados os trabalhos de Chino et al. (2011), Coltri et al. (2013), Gonçalves (2014 e 2008), Gonçalves et al. (2018, 2017, 2012a, 2012b e 2011), Moreira et al. (2019), Nascimento (2010), Nascimento et al. (2015, 2009a e 2009b), Pellegrino (2001), Pinto et al. (2017), Romani et al. (2013 e 2010), Scrivani et al. (2017), Scrivani (2016), Silva (2017), Silva et al. (2019, 2017). A utilização de índices de vegetação obtidos a partir de sensores remotos, principalmente o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), é uma técnica bastante empregada nestes modelos, devido à correlação existente normalmente entre estes índices e o estado das superfícies vegetais.

A entrada em operação do satélite meteorológico GOES-16, em 18 de dezembro de 2017, tornando-se o satélite operacional GOES-EAST da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), abriu uma nova perspectiva para os monitoramentos ambientais e agrícolas, com base em dados de sensoriamento remoto, devido aos seguintes fatores principais: (i) elevada resolução temporal do sensor ABI (Advanced Baseline Imager), com imagens adquiridas, atualmente, a cada 10 minutos; (ii) ampliação da resolução espacial, com pixels de 500 m na faixa espectral do visível; e (iii) inclusão de uma banda espectral no infravermelho próximo, possibilitando o cálculo de índices de vegetação tradicionais na literatura, como o NDVI (índice de vegetação da diferença normalizada, proposto por Rouse et al., 1974), por exemplo.

Ressalta-se que a resolução temporal de 10 minutos pode ser de grande utilidade para enfrentar um dos principais desafios dos monitoramentos agrícolas e ambientais no país, a partir de dados de sensores remotos óticos, que é a quantidade elevada de nuvens durante boa parte do ano, principalmente de outubro a março (primavera, verão e início do outono), quando acontece o desenvolvimento da principal safra agrícola do Brasil, na região centro-sul do país. Com imagens adquiridas a cada 10 minutos, é elevada a possibilidade de obter pelo menos uma imagem a cada dois ou três dias, com baixa cobertura por nuvens. Além disso, é possível, também, estudar a dinâmica do índice de vegetação ao longo de um dia, ou durante um determinado período de tempo, algo inviável para os demais sensores utilizados normalmente neste tipo de trabalho.

O Cepagri/Unicamp instalou, no final de outubro de 2018, um sistema terrestre, denominado *Capella-GR GRB* (da empresa *Telespace/EEC - Enterprise Electronics Corporation*), destinado à recepção direta de imagens, dados e produtos do satélite GOES16. Este sistema e o da Defesa Civil de Santa Catarina, instalado uma semana antes, são os dois primeiros em operação existentes no Brasil. A disponibilidade de um sistema como este amplia o acesso aos dados, imagens e produtos do GOES-16, favorecendo o desenvolvimento de aplicações com base em dados de sensoriamento remoto, como o monitoramento de safras agrícolas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma avaliação inicial do potencial do GOES-16 para o monitoramento agrícola em uma região tropical, através da análise da dinâmica do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), calculado a partir de imagens deste satélite.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas imagens do satélite meteorológico GOES-16 recebidas no sistema terrestre Capella-GR GRB do Cepagri/Unicamp, no período de 18 a 28 de maio de 2019. A área de estudo foi o estado de São Paulo (longitude: de -53.47° a -43.97°; latitude: -25.42° a -19.42°), devido ao interesse e à experiência na utilização de imagens de baixa resolução espacial e alta resolução temporal para o monitoramento do desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar. Embora o mês de maio apresente, normalmente, uma menor cobertura por nuvens que outros meses do ano, alguns dias considerados neste trabalho tiveram um comportamento distinto deste usual, devido à passagem de frentes frias pelo centro-sul do país. Isto, sem dúvida, foi interessante também para analisar o potencial da obtenção de dados orbitais de índice de vegetação de boa qualidade em períodos com maior cobertura por nuvens.

As imagens, gravadas originariamente em formato PIC, foram convertidas para o formato ASCII e processadas em programa desenvolvido especificamente para o cálculo do NDVI (proposto por Rose et al., 1974) e de suas estatísticas, considerando a resolução espacial de 500 m e pixels com valores de refletância em porcentagem. A dimensão das imagens utilizadas foi de 1.332 linhas por 2.109 colunas, totalizando 2.809.188 pixels por imagem.

Foram considerados quatro períodos de cálculo para cada data: (i) de 12 GMT até 14 GMT (de 9 h a 11 h local); (ii) de 14 GMT até 16 GMT (de 11 h a 13 h local); (iii) de 16 GMT até 18 GMT (de 13 h a 15 h local); (iv) de 12 GMT até 18 GMT (de 9 h a 15 h local). Não foi considerado o horário de verão vigente em boa parte do período de análise. Para cada um destes horários, calculou-se o valor máximo do NDVI, visando reduzir o efeito da atmosfera. Considerando-se a resolução temporal de 10 minutos, foram utilizadas 36 imagens por dia e 396 imagens no total do trabalho.

Fez-se, inicialmente, uma inspeção visual das 11 imagens de NDVI máximo geradas, visando avaliar a qualidade e a coerência delas em cada data específica e com relação às outras 10 imagens utilizadas. Foram calculados os valores médios de NDVI para cada um dos 645 municípios de São Paulo e para o estado todo de forma geral. Calculou-se, também, a diferença, pixel a pixel, entre pares de imagens. Visando o interesse no monitoramento regional da cana-de-açúcar, foram analisados os resultados de 16 municípios produtores desta cultura em São Paulo, seguindo a mesma estratégia utilizada por Gonçalves (2014): Araçatuba, Barretos, Bebedouro, Capivari, Guaíra, Jaboticabal, Jaú, Maracá, Paraguaçu Paulista, Penápolis, Piracicaba, Ribeirão Preto, São Carlos, São Simão, Tarumã e Valparaíso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 11 imagens calculadas, as dos dias 19 e 24 de maio foram descartadas inicialmente devido à grande cobertura por nuvens existente nestes dias que interferiu significativamente no resultado final do NDVI. As imagens dos dias 18, 21 e 23 tinham áreas com interferências provocadas por nuvens e foram descartadas numa segunda avaliação visual. Finalmente, entre as imagens de melhor qualidade na análise visual, optou-se pelas adquiridas nos dias 22 e 27 para avaliar a dinâmica do índice de vegetação NDVI no período de interesse, descartando-se as dos dias 20, 25, 26 e 28 de maio de 2019, embora também tivessem boa qualidade visual.

As Figuras 1 e 2 apresentam as imagens com valores máximos de NDVI dos dias 22 e 27 de maio de 2019, respectivamente, adquiridas de 12 GMT a 18 GMT.

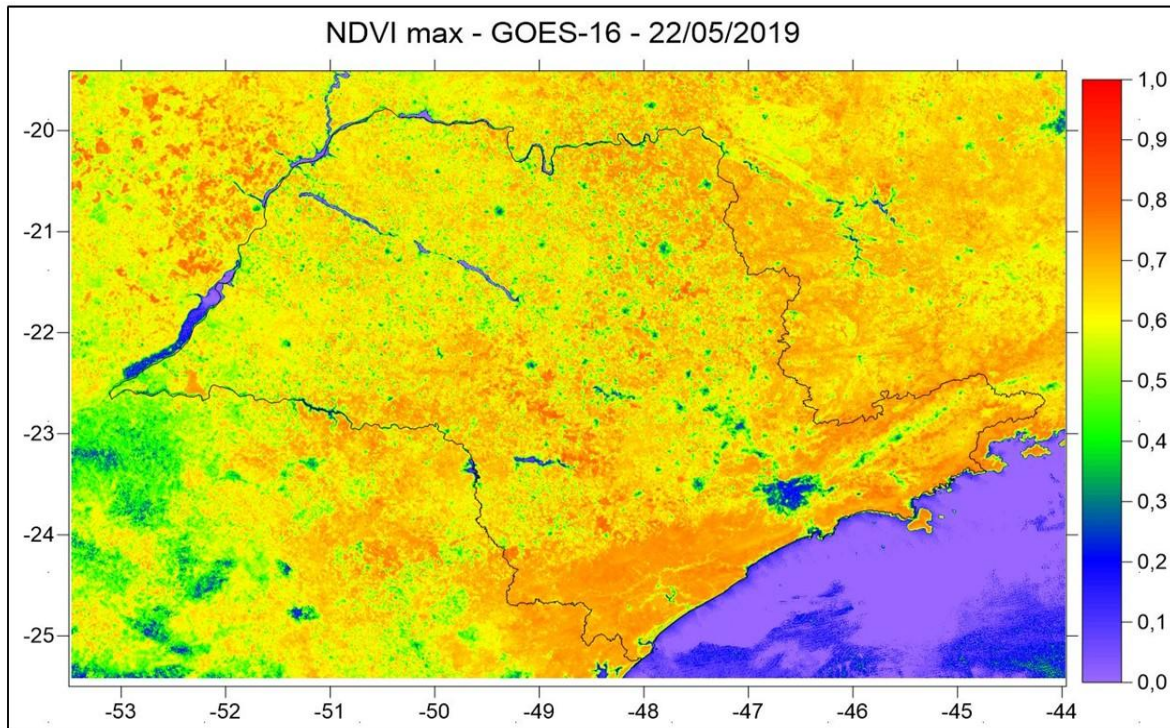


Figura 1: Imagem com valores máximos de NDVI para o estado de São Paulo, calculada a partir de 36 imagens do satélite GOES-16, adquiridas no Cepagri/Unicamp, de 12 GMT até 18 GMT do dia 22/05/2019.

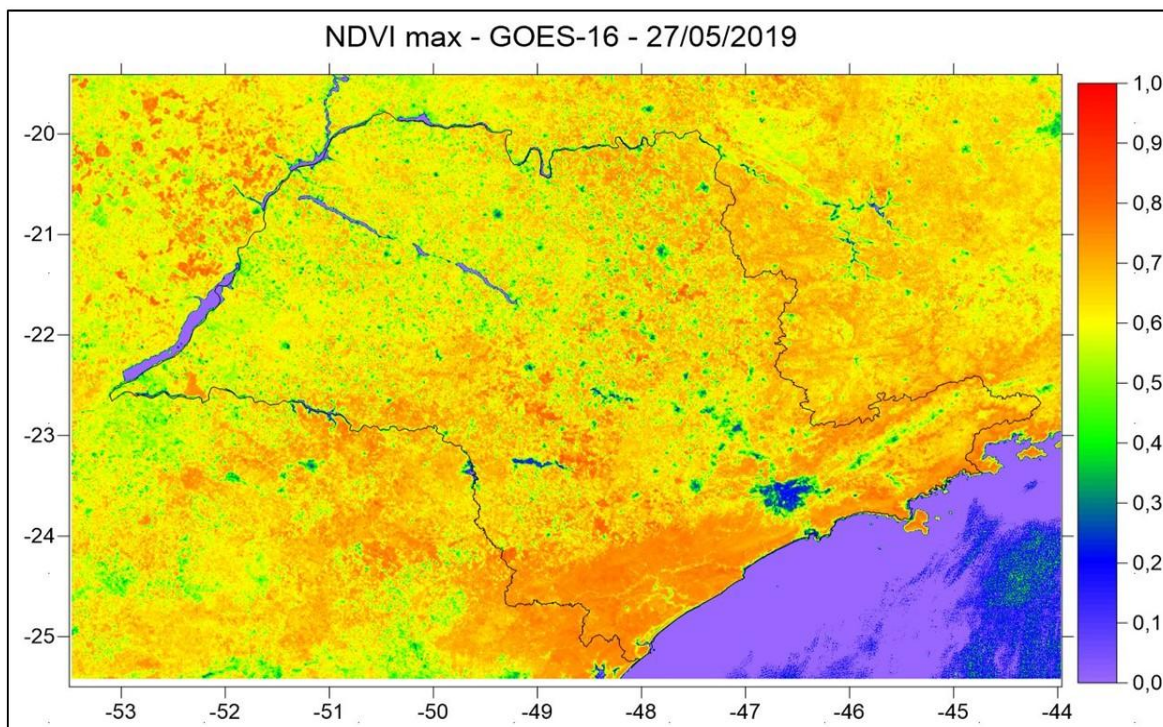


Figura 2: Imagem com valores máximos de NDVI para o estado de São Paulo, calculada a partir de 36 imagens do satélite GOES-16, adquiridas no Cepagri/Unicamp, de 12 GMT até 18 GMT do dia 27/05/2019.

A Figura 3 apresenta o histograma da diferença entre os valores máximos de NDVI registrados nos dias 22 e 27 de maio de 2019, para todos os pontos das imagens. O Quadro 1 contém a média dos valores máximos de NDVI para os 16 municípios de interesse, nos dias 22 e 27 de maio de 2019, bem como as diferenças absoluta e relativa entre estes dias, e o número de pontos em cada município com diferenças absolutas iguais ou superiores a 0,2.

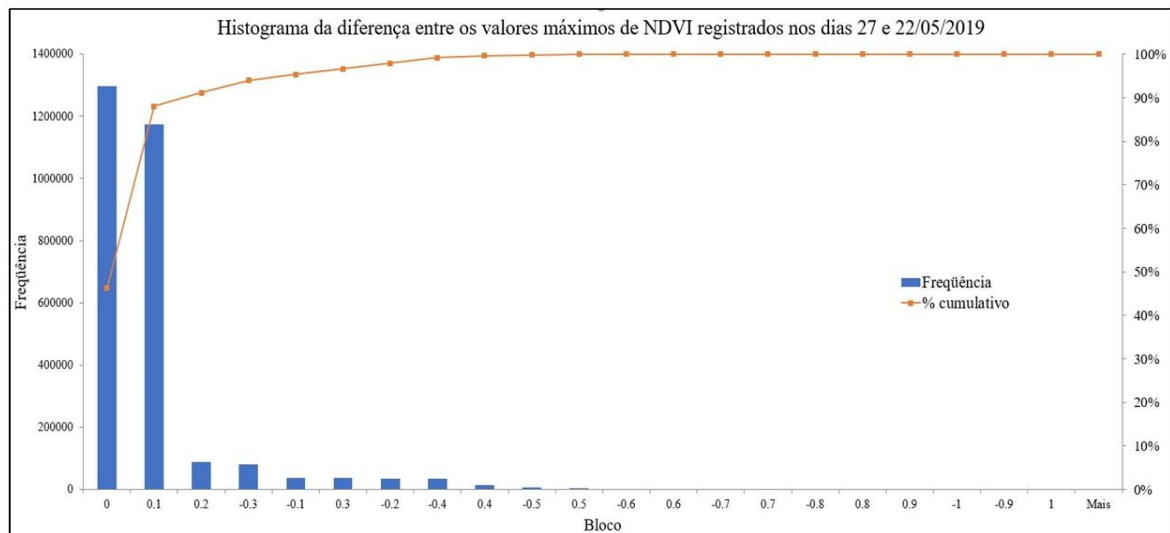


Figura 3: Histograma da diferença entre os valores máximos de NDVI registrados nos dias 22 e 27 de maio de 2019.

Quadro 1: Médias e diferenças absoluta e relativa dos valores máximos de NDVI, para 16 municípios produtores de cana-de-açúcar em São Paulo, em 22 e 27 de maio de 2019.

Município	Pixels	Dia de maio de 2019		Diferença (27 x 22)		
		22	27	Absoluta	Relativa	|Abs| ≥ 0,2
Araçatuba	5.120	0,5755	0,5613	-0,0142	-2,47 %	28
Barretos	6.637	0,6341	0,6265	-0,0076	-1,20 %	5
Bebedouro	2.889	0,6286	0,6227	-0,0059	-0,94 %	1
Capivari	1.315	0,6243	0,6248	0,0005	0,08 %	0
Guaira	5.325	0,6683	0,6577	-0,0106	-1,59 %	12
Jaboticabal	3.050	0,6112	0,6073	-0,0039	-0,64 %	2
Jaú	2.916	0,6239	0,6179	-0,0060	-0,96 %	4
Maracá	2.307	0,6437	0,6494	0,0057	0,89 %	17
Paraguaçu Paulista	4.296	0,6141	0,6199	0,0058	0,94 %	0
Penápolis	3.091	0,5792	0,5685	-0,0107	-1,85 %	0
Piracicaba	5.826	0,6070	0,6073	0,0003	0,05 %	4
Ribeirão Preto	2.765	0,5796	0,5734	-0,0062	-1,07 %	2
São Carlos	4.933	0,6362	0,6359	-0,0003	-0,05 %	0
São Simão	2.713	0,6508	0,6487	-0,0021	-0,32 %	5
Tarumã	1.291	0,6471	0,6569	0,0098	1,51 %	0
Valparaíso	3.582	0,6274	0,5980	-0,0294	-4,68 %	0

Média		0,6219	0,6173	-0,0047	-0,75 %	
-------	--	--------	--------	---------	---------	--

Observa-se, no Quadro 1, que as diferenças absoluta e relativa entre os dias 22 e 27 foram baixas (isto é, médias de -0,75% e -0,0047, respectivamente) para os 16 municípios considerados, assim como as diferenças calculadas pixel a pixel para a imagem completa, apresentadas na Figura 3. Outro aspecto importante nestes cálculos é que 11 dos 16 municípios analisados apresentaram diferenças negativas entre as duas datas selecionadas, o que pode ser considerado um comportamento normal e esperado para esta época do ano devido à redução da quantidade de chuvas registrada na área de estudos.

A Figura 4 apresenta, em vermelho, pontos que tiveram redução de 0,2 a 0,3 nos valores máximos do NDVI, de 22 a 27 de maio de 2019, na região nordeste do estado de São Paulo, grande produtora de cana-de-açúcar. Observa-se que, mesmo com uma tendência geral de diferenças baixas entre os valores máximos das imagens de 22 e 27/05/2019, apresentada no Quadro 1, há pontos, destacados em vermelho na Figura 4, com diferenças de NDVI máximo entre 0,2 e 0,3, que podem ser áreas com mudanças na superfície imageada, tais como as provocadas pela colheita da cana-de-açúcar. Isto, entretanto, necessita de uma análise mais detalhada para ser efetivamente confirmado e está sendo realizado.

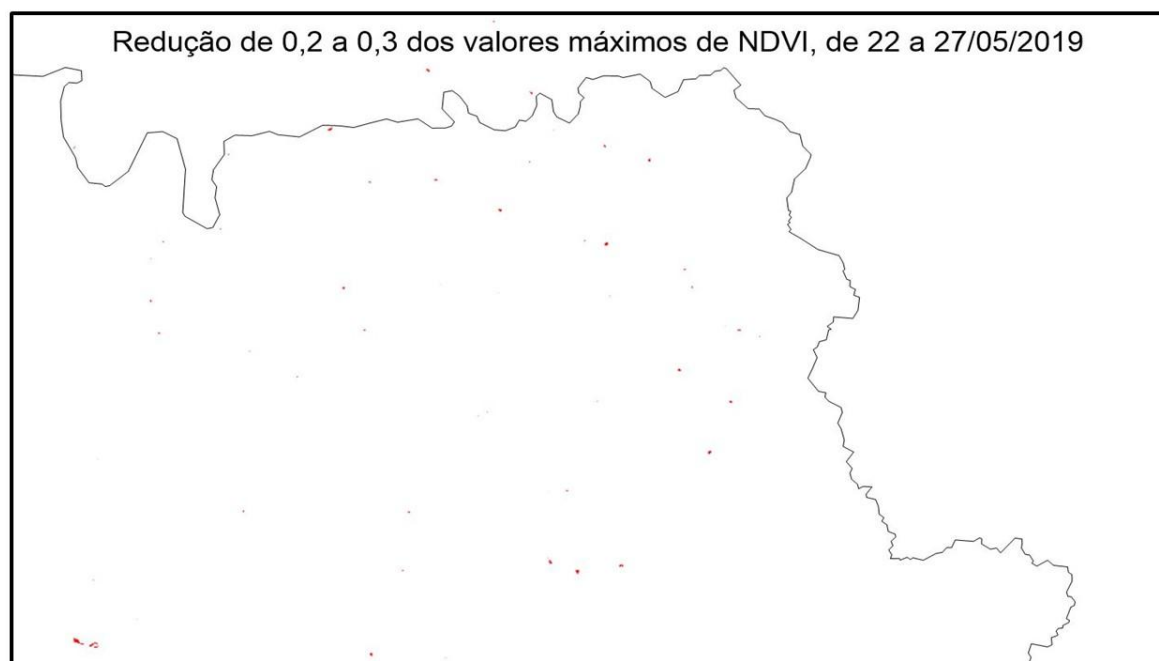


Figura 4: Localização de pontos, em vermelho, que tiveram redução de 0,2 a 0,3 nos valores máximos do NDVI, de 22 a 27 de maio de 2019, na região nordeste do estado de São Paulo, grande produtora de cana-de-açúcar.

A Figura 5 apresenta a imagem com os valores máximos de NDVI para todo o período de análise, isto é, de 18 a 28 de maio de 2019, adquiridas de 12 GMT até 18 GMT.

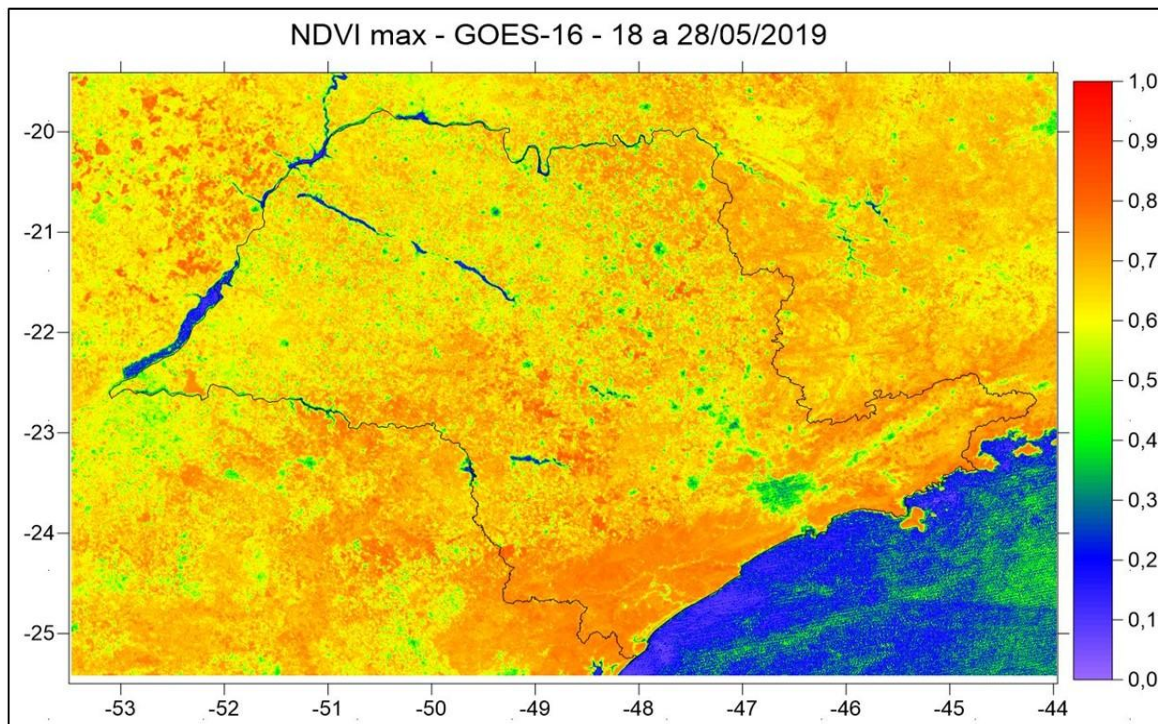


Figura 5: Imagem com valores máximos de NDVI para o período de análise (de 18 a 28 de maio de 2019), calculada com base em 396 imagens do GOES-16, adquiridas de 12 GMT até 18 GMT.

O Quadro 2 contém a média dos valores máximos de NDVI, em todo período de análise (de 18 a 28 de maio de 2019), para cada um dos 16 municípios selecionados no trabalho por serem grandes produtores de cana-de-açúcar.

Quadro 2: Média dos valores máximos de NDVI, em todo período de análise (de 18 a 28 de maio de 2019), para 16 municípios produtores de cana-de-açúcar em São Paulo.

Município	NDVI	Município	NDVI
Araçatuba	0,6008	Paraguaçu Paulista	0,6497
Barretos	0,6446	Penápolis	0,6026
Bebedouro	0,6421	Piracicaba	0,6345
Capivari	0,6489	Ribeirão Preto	0,5924
Guaíra	0,6764	São Carlos	0,6488
Jaboticabal	0,6252	São Simão	0,6627
Jaú	0,6503	Tarumã	0,6863
Maracáí	0,6787	Valparaíso	0,6281

A Figura 6 apresenta o gráfico de variação do NDVI em 27/05/2019, para os 16 municípios grandes produtores de cana-de-açúcar em São Paulo, nos quatro períodos do dia considerados nas análises, isto é, de 12 GMT até 14 GMT, de 14 GMT até 16 GMT, de 16 GMT até 18 GMT e de 12 GMT até 18

GMT. Observa-se que os valores máximos de NDVI, neste caso, coincidiram com os valores calculados a partir de imagens do GOES-16 adquiridas de 12 GMT até 14 GMT.

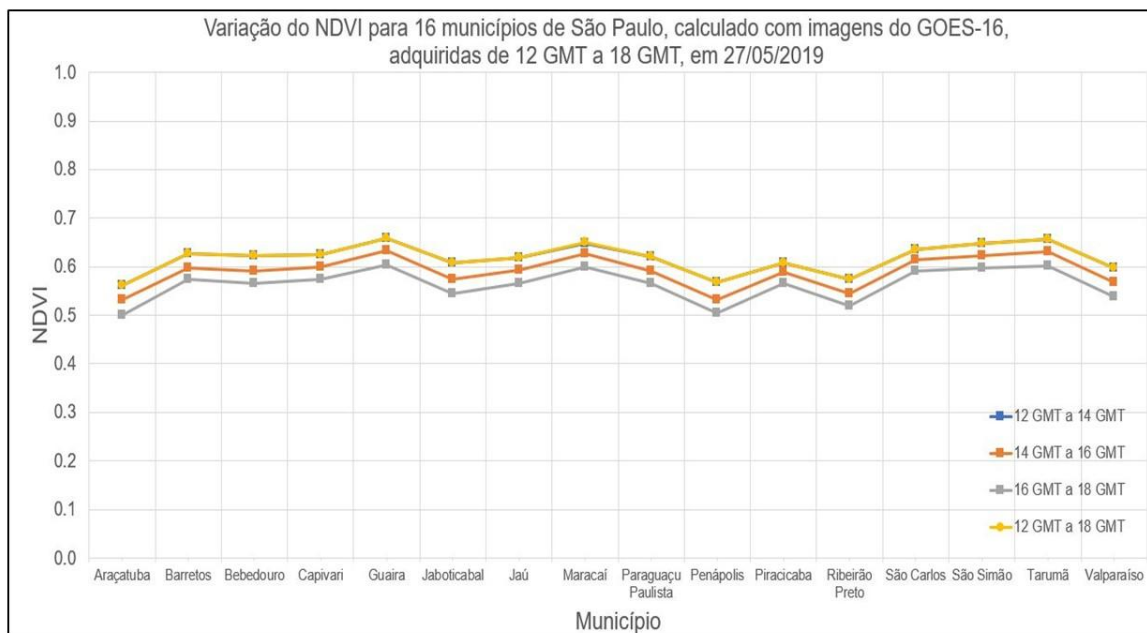


Figura 6: Variação do NDVI em 27/05/2019, para 16 municípios produtores de cana-de-açúcar em São Paulo, nos quatro períodos do dia considerados nas análises (de 12 GMT até 14 GMT, de 14 GMT até 16 GMT, de 16 GMT até 18 GMT e de 12 GMT até 18 GMT).

A Figura 7 apresenta a variação da média dos valores de NDVI, em 27/05/2019, para o município de Ribeirão Preto e para o estado de São Paulo como um todo, calculada com base em 36 imagens do GOES-16, adquiridas de 12 GMT até 18 GMT. É possível observar, nesta imagem, a existência de uma variação dos valores do NDVI ao longo do dia, tanto para o município de Ribeirão Preto como para o estado de São Paulo.

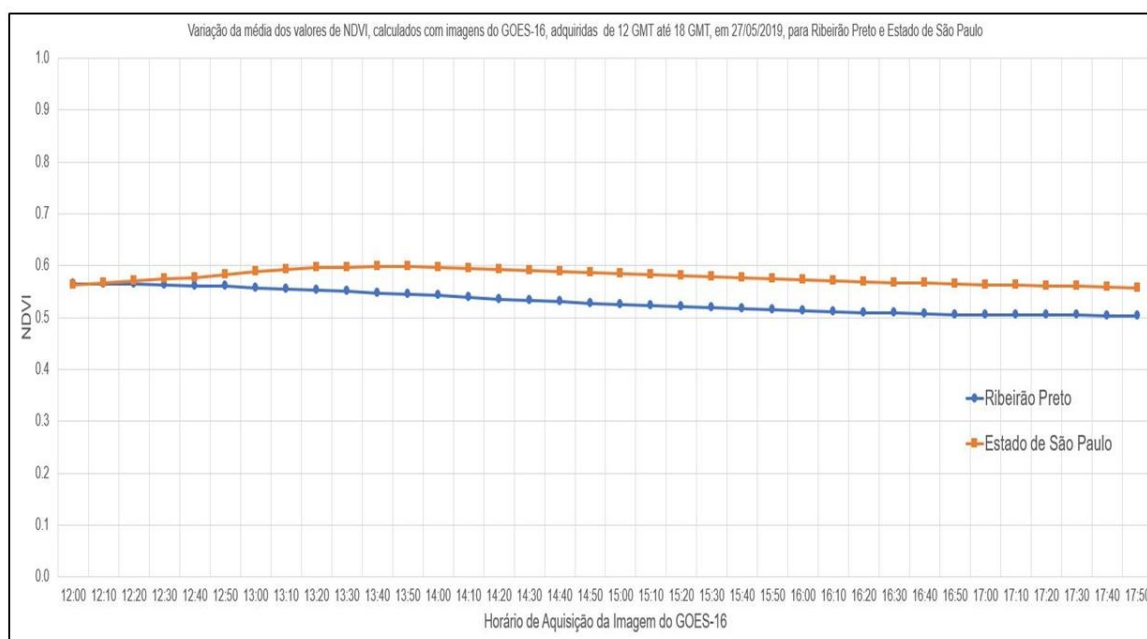


Figura 7: Variação da média dos valores de NDVI, em 27/05/2019, para Ribeirão Preto e São Paulo, calculados com 36 imagens do GOES-16, adquiridas de 12 GMT a 18 GMT.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados obtidos nas escalas geral (imagem completa), regional (por município) e local (por pixel) apresentaram um comportamento lógico para a época do ano e para cada uma destas escalas espaciais, mostrando o potencial do satélite GOES-16 como fornecedor de dados para utilização pelos modelos agrometeorológicos-espectrais destinados ao monitoramento da superfície terrestre, principalmente de culturas agrícolas com ocupação territorial extensiva, como é o caso da cana-de-açúcar.

Mesmo com presença de nuvens em 45% das datas consideradas (5 de 11), foi possível obter imagens de NDVI com qualidade visual muito boa para utilização nas análises realizadas, ilustrando a importância da grande disponibilidade de dados do GOES-16 no monitoramento da superfície terrestre. Neste contexto, a proximidade dos valores máximos de NDVI, calculados de 12 GMT até 18 GMT, com valores adquiridos de 12 GMT até 14 GMT pode ser de grande interesse prático, se confirmada em trabalhos futuros, pois é um horário que normalmente tem uma menor cobertura por nuvens nos meses de chuva na região centro-sul do país (de outubro a março).

Considerando o pouco tempo de aquisição, disponibilização e utilização das imagens do GOES-16, pode-se considerar que os resultados são bastante promissores e incentivam a continuidade do desenvolvimento de pesquisas visando a utilização de dados deste novo satélite nos monitoramentos ambientais e agrícolas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimentos à Fapesp, CNPq e Finep pelo apoio concedido no financiamento de projetos de pesquisa, que viabilizou a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CHINO, D.Y.T.; AMARAL, B.F.; ROMANI, L.A.S.; SOUSA, E.P.; TRAINA, A.J.M. SatImag Explorer: tornando a mineração de dados de sensores orbitais mais flexível. In: 26º Simpósio Brasileiro de Banco de Dados (SBBDD'11), 2011, Florianópolis. Sessão de Demos. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p.1-6, 2011.

COLTRI, P.P.; ZULLO JUNIOR, J.; GONÇALVES, R.R.V.; ROMANI, L.A.; PINTO, H.S. Coffee breake Crop's Biomass and Carbon Stock Estimation With Usage of High Resolution Satellites Images. IEEE J-STARS, v.6, p.1786-1795, 2013.

GONÇALVES, R.R.V.; ZULLO JUNIOR, J.; AMARAL, B.F.; SOUSA, E.P.M.; ROMANI, L.A.S. Agricultural Monitoring in Regional Scale Using Clustering on Satellite Image Time Series. In: Nawaz Mohamudally. (Org.). Time Series Analysis and Applications. 1a. ed. London, United Kingdom: InTech, v.1, p.23-39, 2018.

GONÇALVES, R.R.V.; ZULLO JUNIOR, J.; ROMANI, L.A.S.; AMARAL, B.F.; SOUSA, E.P.M. Agricultural Monitoring Using Clustering Techniques on Satellite Image Time Series of Low Spatial Resolution. In: Multitemp 2017, 2017, Brugges (Belgium). Presentations of Multitemp 2017. Brugges (Belgium): VITO Remote Sensing, v.1, p.1-4, 2017.

GONÇALVES, R.R.V. Desenvolvimento de modelos numéricos baseados em séries temporais de dados agroclimáticos e espectrais aplicados ao planejamento regional de produção de cana-de-açúcar. Tese de Doutorado, Feagri/Unicamp, 203 p, 2014.

GONÇALVES, R.R.V.; ZULLO JUNIOR, J.; COLTRI, P.P.; ROMANI, L.A.S. EVI'S estimation to improve the monitoring of sugarcane using TRMM satellite data. In: IGARSS 2012, 2012, Munich. Proceedings of IGARSS 2012. Munich: IEEE, v.1, p.6609 – 6612, 2012a.

- GONÇALVES, R.R.V.; TRAINA, A.J.M.; ZULLO JUNIOR, J.; NASCIMENTO, C.R.; ROMANI, L.A.S. Analysis of NDVI time series using cross-correlation and forecasting methods for monitoring sugarcane fields in Brazil. *International Journal of Remote Sensing* (online), v.33, n.15, p.4653-4672, 2012b.
- GONÇALVES, R.R.V.; ZULLO JUNIOR, J.; FERRARESSO, C.S.; SOUSA, E.P.M.; ROMANI, L.A.S.; TRAINA, A.J.M. Cluster analysis of NOAA/AVHRR multitemporal images, climate conditions and planted area of sugarcane crops. In: *MultiTemp 2011*, 2011, Trento. *Proceedings of MultiTemp 2011*. Trento: University of Trento, v.1, p.229 – 232, 2011.
- GONÇALVES, R.R.V. Relação entre a resposta espectral da cana-de-açúcar, registrada nas imagens dos satélites AVHRR/NOAA, em São Paulo, e dados agroclimáticos, no período de 2001 a 2008. *Dissertação de Mestrado*, Feagri/Unicamp, 185 p. 2008.
- MOREIRA, A.; BREMM, C.; FONTANA, D.C.; KUPLICH, T.M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. *SCIENTIA AGRICOLA*, v.76, p.24-32, 2019.
- NASCIMENTO, C.R.; BRUNIALTI, F.E.D.R.; ZULLO JUNIOR, J. Influence of Precipitation in the Response of Spectral-phenology Model of Estimation of Sugar Cane Productivity. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, p.831-839, 2015.
- NASCIMENTO, C.R. Utilização de séries temporais de imagens AVHRR/NOAA no apoio à estimativa operacional da produção da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. *Tese de Doutorado*, Feagri/Unicamp, 129 p, 2010.
- NASCIMENTO, C.R.; GONÇALVES, R.R.V.; ZULLO JUNIOR, J.; ROMANI, L.A.S. Estimation of Sugar Cane Productivity Using a Time Series of AVHRR/NOAA-17 Images and a Phenology-Spectral Model. In: *5th International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images (MultiTemp 2009)*, 2009, Groton (CT). *Conference Proceedings of MultiTemp 2009*. Groton: Clear, v.1, p.365–372, 2009a.
- NASCIMENTO, C.R.; ZULLO JUNIOR, J.; ROMANI, L.A.S.; RODRIGUES, L.H.A. Identification of Sugar Cane Fields in the State of São Paulo Using a Time Series of AVHRR/NOAA Satellite Images. In: *5th International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images (MultiTemp 2009)*, 2009, Groton (CT). *Conference Proceedings of MultiTemp 2009*. Groton: Clear, v.1, p.104–111, 2009b.
- PELLEGRINO, G.Q. Utilização de dados espectrais do satélite NOAA14/AVHRR como fonte de dados para modelos matemáticos de estimativa da fitomassa da cana-de-açúcar. *Tese de Doutorado*, Feagri/Unicamp, 116 p, 2001.
- PINTO, D.G.; FONTANA, D.C.; DALMAGO, G.A.; CUNHA, G.R.; FOCHESSATO, E.; VICARI, M.B.; GOUVÊA, J.A.; SANTI, A. Temporal dynamics of spectral reflectance and vegetation indices during canola crop cycle in southern Brazil. *Ciência Rural*, v.47, p.1, 2017.
- ROMANI, L.A.S.; AVILA, A.M.H.; CHINO, D.Y.T.; ZULLO JUNIOR, J.; CHBEIR, R.; TRAINA, C.; TRAINA, A.J.M. A New Time Series Mining Approach Applied to Multitemporal Remote Sensing Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.51, N.1, p.140-150. 2013.
- ROMANI, L.A.S.; ÁVILA, A.M.H.; ZULLO JUNIOR, J., TRAINA JUNIOR, C.; TRAINA, A.J.M. Mining Relevant and Extreme Patterns on Climate Time Series with CLIPSMiner. *Journal of Information and Data Management*, v.1, p.245-260, 2010.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.; HARLAN, J.C. Monitoring the vernal advancement retrogradation of natural vegetation. *Final Report Type III*. Greenbelt: NASA/GSFC, 1974, 371p.

SCRIVANI, R.; ZULLO JUNIOR, J.; ROMANI, L.A.S. SITS for Estimating Sugarcane Production. In: Multitemp 2017, 2017, Brugges (Belgium). Presentations of Multitemp 2017. Brugges (Belgium): VITO Remote Sensing, v.1, p.1-4, 2017.

SCRIVANI, R. Estimativa de produção de cana-de-açúcar com base em dados remotos de baixa resolução espacial e índices climáticos. Dissertação de Mestrado, Feagri/Unicamp, 100 p, 2016.

SILVA, J.P.; ZULLO JUNIOR, J.; ROMANI, L.A.S. A Time Series mining approach for Agricultural Area Detection. IEEE Transactions on Big Data From Space, TBDSI-2018-01-0028. DOI: 10.1109/TBDDATA.2019.2913402, 11 p, 2019.

SILVA, J.P.; ZULLO JUNIOR, J.; ROMANI, L.A.S. Active learning e sua aplicação no monitoramento da cana-de-açúcar utilizando o algoritmo SVM. In: XI Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAGRO 2017), 2017, Campinas (SP). Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAGRO 2017). Campinas (SP): Associação Brasileira de Agroinformática, v.1, p.119-128, 2017.

SILVA, J.P. Detecção de áreas agrícolas em São Paulo com base em séries temporais de imagens de satélites. Dissertação de Mestrado, Feagri/Unicamp, 115 p, 2017.

MAPEAMENTO DOS FOCOS DE EROÇÃO ASSOCIADOS AOS FETCHES

Bruno de Santana Mendonça¹; Francisco Sandro Rodrigues Holanda¹; Lilian de Lins Wanderley¹; Igor Pinheiro da Rocha²; Luiz Diego Vidal Santos¹

Autor para correspondência: brunoestudo8@gmail.com

¹Universidade Federal de Sergipe-UFS, Cidade Universitária Prof. José Aloisio de Campos; São Cristóvão, SE; ²IP Sustentabilidade

RESUMO

As características dos ventos têm uma grande influência no modo como as ondas são geradas e se propagam. Entre essas características, a velocidade e a direção do vento assumem um papel crucial, influenciando os principais parâmetros que caracterizam as ondas, designadamente a altura de onda e o período. A pista de vento é definida como sendo a região na qual a velocidade e direção do vento podem ser consideradas aproximadamente constantes. O objetivo do presente trabalho foi identificar e caracterizar as pistas de vento que ocorrem na lagoa do UHE Xingó. Foram levantados *in situ* os focos de erosão, assim como o comprimento das maiores pistas de vento ou *fetch* no lago da UHE Xingó. Os focos de erosão identificados, que totalizaram 28, se caracterizam por apresentarem extensões diferenciadas, e uma grande descontinuidade.

PALAVRAS-CHAVE: Pista de vento; Rio São Francisco; Ondas

MAPPING OF EROSION SPOTS ASSOCIATED WITH FETCHES

ABSTRACT

The characteristics of the winds have a great influence on the way the waves are generated and propagate. Among these characteristics, wind speed and direction play a crucial role, influencing the main parameters that characterize waves, namely wave height and period. The *fetch* is defined as the region in which the wind speed and direction can be considered approximately constant. The objective of this work was to identify and characterize the *fetch* that occur in the Xingó Plant. Erosion spots were surveyed in situ, as were the length of the largest or fetch in the Xingó Plant. The identified erosion spots, which totaled 28, are characterized by their differentiated extensions, and a large discontinuity.

KEY-WORDS: Fetch; São Francisco river; waves

INTRODUÇÃO

Os principais fatores relacionados à erosão em margens de reservatórios ocorrem pela ação das ondas causadas por vento e embarcações, erosão hídrica por salpicamento, escoamento superficial e deslizamentos. Estes processos erosivos são dependentes de diversos fatores, estando relacionados principalmente à morfologia do reservatório, condições meteorológicas e pedológicas da área.

As características dos ventos têm uma grande influência no modo como as ondas são geradas e se propagam. Entre essas características, a velocidade e a direção do vento assumem um papel crucial, influenciando os principais parâmetros que caracterizam as ondas, designadamente a altura de onda e o período.

Quando a onda é gerada pela ação do vento, a altura da onda fica condicionada a três fatores relacionados ao vento: a velocidade, a duração e a pista sobre a qual ele sopra (MORAIS, 2009). A pista de vento é a área de geração de ondas definida como sendo a região na qual a velocidade e direção do vento podem ser consideradas aproximadamente constantes. Segundo o U.S. Army Coastal Engineering Research Center (1973), esta velocidade é considerada constante quando as variações não excedem 2,5 m/s, partindo da velocidade média.

Outro fator determinante da erosão é a faixa de depleção de um reservatório, que segundo Soares (2015) consiste na área da margem sobre influência direta da variação do nível de água do lago e pode ser nesta faixa que os processos erosivos se intensificam. Considerando ser o Lago de Xingó, uma barragem “a fio d’água”, com variações discretas na faixa de depleção, ou seja, quando a afluência e defluência são praticamente as mesmas, não parece ser a faixa de depleção uma causa determinante da ocorrência dos processos erosivos.

Nesse sentido, foi então dada ênfase à ocorrência de erosão e a sua associação com os aspectos meteorológicos representados nessa fase pela ocorrência dos ventos e suas características como direção, velocidade e formação das pistas de vento que num ambiente lacustre adquire características bem peculiares. O efeito da largura da pista de vento pode ser desprezado em áreas de geração que possuem a largura tão grande quanto, ou superiores ao comprimento. Esta situação é comumente identificada em áreas oceânicas (MARQUES et al., 2007).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho foi identificar e caracterizar as pistas de vento que ocorrem na lagoa do UHE Xingó.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Usina Hidrelétrica de Xingó está localizada entre os estados de Alagoas e Sergipe, situando-se a 12 quilômetros do município de Piranhas e a 6 quilômetros do município de Canindé de São Francisco. A posição da usina, com relação ao São Francisco, é de cerca de 65 km à jusante do Complexo de Paulo Afonso, constituindo-se o seu reservatório, face as condições naturais de localização, num canyon, uma fonte de turismo na região, através da navegação no trecho entre Paulo Afonso e Xingó, além de prestar-se ao desenvolvimento de projetos de irrigação e ao abastecimento d’água para a cidade de Canindé/SE.

O mapeamento e definição dos pontos de interesse foi uma ação realizada juntamente com a coletas de dados envolvendo: reconhecimento dos pontos de erosão; definição dos transectos para levantamento dos perfis batimétricos; identificação de pontos para instalação de equipamentos (anemômetro) para coletas de dados climáticos em período de média duração.

Foram levantados in situ os focos de erosão, assim como o comprimento das maiores pistas de vento ou fetch no lago da UHE Xingó. A coleta de dados foi realizada por meio do uso de anemômetro instalado em pontos diferentes da margem do lago, assim como se utilizando de dados pretéritos disponibilizados pelo INPE por meio do SIMA - Sistema Integrado de Monitoração Ambiental SIMA-1 relativos ao período de 2012 a 2015.

Foi também realizada em várias campanhas de campo a identificação direta dessas pistas de vento, se utilizando de mapas base com a medição dos seus comprimentos numa associação direta com os focos de erosão também identificados. Esses focos de erosão foram reconhecidos na extensão das pistas, georeferenciados, sendo realizada a sua associação com a direção dominante dos ventos, que promovem a conseqüente formação de ondas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta de dados em campo foi realizado um processamento dos mesmos e uma posterior avaliação, sendo os dados dispostos em forma de tabela (tabela 1).

TABELA 1. Registro dos focos de erosão identificados na margem do Lago da UHE Xingó e Fetchs associados aos segmentos na área levantada.

Ordem de campo	Foco de erosão	Coordenadas do ponto central (UTM SIRGAS 2000 24L)		Segmento[1] do lago	Denominação do Fetch	Localização da margem em relação ao canal
		X	Y			
1	FE027	8.933.367,34	636.514,54	II	2	Margem esquerda
2	FE026	8.931.965,44	637.573,07	II	2, 3, 5	Margem esquerda
3	FE025	8.931.860,67	637.961,34	III	3, 5	Margem esquerda
4	FE024	8.931.607,48	638.266,66	III	3, 5	Margem esquerda
5	FE023	8.932.075,87	639.364,82	III	3, 5	Margem esquerda
6	FE022	8.931.226,52	638.463,06	III	3, 5	Margem esquerda
7	FE021	8.930.250,24	639.108,24	IV	5	Margem esquerda
8	FE020	8.929.448,16	639.517,58	IV	5	Margem esquerda
9	FE001	8.925.179,81	642.329,37	IV	8	Margem esquerda
10	FE002	8.928.003,80	638.325,86	IV	7	Margem direita
11	FE003	8.927.530,08	638.560,38	IV	7	Margem direita
12	FE004	8.927.098,04	638.986,83	IV	7	Margem direita
13	FE005	8.926.618,32	639.209,49	IV	7	Margem direita
14	FE006	8.929.985,10	637.492,24	III	5	Margem direita
15	FE007	8.929.974,23	636.797,66	III	5, 6	Margem direita
16	FE008	8.929.352,18	637.108,29	III	6	Margem direita
17	FE009	8.929.364,30	636.401,38	III	6	Margem direita
18	FE010	8.930.156,40	636.659,45	III	6	Ilha
19	FE011	8.930.512,18	636.824,30	III	5	Ilha
20	FE012	8.929.756,51	635.103,45	II	3, 4	Margem direita
21	FE013	8.928.509,44	634.861,57	II	4	Margem direita
22	FE014	8.930.787,37	634.258,68	II	4	Margem direita
23	FE015	8.930.997,08	633.991,15	II	4	Margem direita

24	FE016	8.932.460,46	634.421,61	II	4	Margem direita
25	FE017	8.933.659,97	634.243,81	II	2	Margem direita
26	FE018	8.932.956,78	634.868,47	II	2	Ilha
27	FE019	8.933.754,15	635.049,33	II	1, 2	Ilha
28	FE028	8.934.147,42	633.754,95	I	1	Margem direita

[1] Toda extensão do Lago de Xingó foi dividida em 04 (quatro) segmentos, assim identificados: I, II, III e IV, que se mostram de grande utilidade na espacialização das informações referentes aos focos de erosão e fetchs.

Os focos de erosão identificados, que totalizaram 28, se caracterizam por apresentarem extensões diferenciadas, e uma grande descontinuidade. Alguns com perfil transversal-margem/talude marginal suave, outros íngremes, vertical na base, outros suaves com escarpa recuada.

Também foi possível observar discreto desenvolvimento de praias, mas predominando faixas sem praia. Coelho (2008) destaca que a formação dessas discretas faixas de praia é esperada em lagos formados por rios represados, originadas de deposição de carga sólida, por conta da redução da velocidade das águas. As evidências dos processos erosivos se caracterizam pela presença de restos de troncos, erosão solapando na base e expondo raízes. Também foram observados blocos de solo com gramíneas na base, evidenciando retirada pela ação das ondas, pequena escarpa erosiva na base, desmoronamentos mesmo que não muito expressivos, mas ocorrentes, e testemunhados pela ausência de vegetação instalada. Quanto à avaliação qualitativa do nível de energia e de taxa de erosão, percebe-se a presença de processos erosivos, mas com baixa taxa de recuo caracterizando um nível baixo de energia.

Com efeito, a pouco expressiva variação de cota do nível da água do lago não parece se constituir em elementos contribuintes para o avanço dos processos erosivos na sua margem, que viriam aumentar as possibilidades de solapamento na base do talude. Então, parece que os processos erosivos nessa área lacustre se mostram mais relacionados com aspectos pedológicos e meteorológicos. Observa-se, segundo Santos et al. (2001) a litologia das margens dominada por granitoides/gnaisses com muito pouca variação e com formação de NEOSSOLOS litólicos rasos.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os focos de erosão se caracterizaram por apresentarem extensões diferenciadas, uma direta relação com os fetches de vento identificados dominados pela direção Sudeste (SE) e uma grande descontinuidade ao longo das margens do lago;

Os processos erosivos nessa área lacustre se mostraram mais relacionados com aspectos pedológicos e meteorológicos, do que com a movimentação dos barcos, que desenvolvem ondas muito baixas nos trajetos desenvolvidos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

ATOLX - Associação dos Operadores de Turismo do Lago de Xingó; Laboratório de Erosão e Sedimentação-LABES.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

MORAIS, V.S. Previsão de ondas geradas por ventos em águas interiores e sua alteração devido à presença de vegetação aquática em margens de lagos. Dissertação de Mestrado, UNESP, 2009, 252p.

USACERC-U.S. Army Coastal Engineering Research Center. Shore Protection Manual. U.S.Government Printing Office. Washington, 1984.

SOARES, M. S. Erosão em margens de reservatório e avaliação geoarqueológica: estudo de área de depleção da UHE Capivari – Cachoeira. Dissertação de mestrado, UFPR, 2015, 122p.

MARQUES, M; MACIEL, G.F.; DALL'AGLIO SOBRINHO, M. Estimativa das máximas pistas de vento no reservatório da barragem de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. Acta Sci. Technol, v. 29, n. 1, p. 79-84, 2007.

COELHO, A.L.N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. Caminhos de Geografia, v. 9, n. 8, p. 16 – 32, 2008.

SANTOS, R. A.; ADRIANO A. M.; NEVES, J.P.; LEAL, R.A. Geologia e recursos minerais do estado de Sergipe. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001.156 p

USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE FREI PAULO-SE MEDIANTE NDVI

Saulo de Jesus Dantas¹; Maria Fernanda Oliveira Torres²; Robério Anastácio Ferreira³; Genilza Almeida da Graça¹; Marisa Silva Vieira¹

Autor para correspondência: saudantas@live.com

¹Discente de Graduação na Universidade Federal de Sergipe;; ²Doutoranda na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe;; ³Professor na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe.

RESUMO

O uso de ferramentas de SIG, capazes de monitorar as alterações ambientais, é de grande importância para o desenvolvimento de estratégias conservacionistas. Diante disso, esse trabalho foi realizado com o objetivo de analisar as mudanças na distribuição espacial da cobertura vegetal e uso do solo, do município de Frei Paulo-SE, por meio do Normalized Difference Vegetation Index- NDVI. Para isto, utilizou-se o método de NDVI em imagens do satélite LANDSAT 8 (sensor OLI) com auxílio do *software Arcgis 10.1*, nos anos de 2015 e 2018. Em seguida, as respostas espectrais obtidas foram classificadas em relação aos alvos de superfícies observados. Por meio dessa ferramenta foi possível identificar cinco classes de uso e cobertura do solo no município, notando se que ela foi eficiente na observação das mudanças ambientais neste município.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de vegetação; Sensoriamento Remoto; Vegetação semidecídua

LAND USE AND VEGETATION COVERAGE OF THE MUNICIPALITY OF FREI PAULO-SE THROUGH THE NDVI

ABSTRACT

The use of GIS tools, capable of monitoring environmental changes, is of great importance for the development of conservation strategies. Therefore, this work was carried out with the objective of analyzing the changes in the spatial distribution of vegetation cover and land use, in the municipality of Frei Paulo-SE, through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). For this, the NDVI method was used in images of the satellite LANDSAT 8 (OLI sensor) with the aid of the software Arcgis 10.1, in the years of 2015 and 2018. Then, the obtained spectral responses were classified in relation to the targets of observed surfaces. Through this tool it was possible to identify five classes of land use and land cover in the municipality, noting if it was efficient in observing the environmental changes in this municipality.

KEY-WORDS: Vegetation index; Remote Sensing; Semi-deciduous vegetation

INTRODUÇÃO

O geoprocessamento consiste em uma tecnologia ou um conjunto de tecnologias, que permitem a análise, simulação de modelagem, manipulação e visualização de dados georeferenciados. Essas ferramentas computacionais possibilitam aos usuários fazer-se análises de alta complexidade (FITZ, 2008), por meio de diversos índices como, por exemplo, o Normalized Difference Vegetation Index- NDVI.

O NDVI é bastante empregado na realização de avaliação das alterações no desenvolvimento vegetativo, pois este representa um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Os resultados obtidos, a partir da aplicação deste índice, variam de -1 a +1 por pixel, sendo que quanto mais próximo de +1, maior a densidade da vegetação. Por outro lado, os mais próximos de zero podem indicar ausência total de vegetação (MELO et al., 2011; GALVANIN et al., 2014; BARBOSA et al., 2017).

Nas últimas décadas, diante de diversos problemas ambientais, tais como, ocupação irregular do solo, desmatamento ilegal, queimadas, entre outros, o uso de imagens de satélites aplicadas aos SIG's, tornou-se um meio eficiente para conceder informações essenciais a respeito da cobertura do solo, possibilitando então mapear, planejar, promover a gestão e monitorar uma série de eventos que ocorrem na superfície do planeta (BRITO et al., 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar as mudanças da distribuição espacial da cobertura vegetal e do uso dos solos, do município de Frei Paulo-SE, por meio do NDVI, aplicados em imagens do Landsat 8 (sensor OLI) correspondentes aos anos de 2015 e 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de Frei Paulo possui uma área correspondente a 399,177 Km², está localizado entre as coordenadas 10° 32' 56" sul e 37° 32' 02" oeste, Estado de Sergipe. Apresenta clima do tipo semiárido Bsh (Köppen-Geiger), com precipitação média anual de 832,4 mm, concentrada entre os meses de março a agosto e temperatura média anual em torno de 24,5°C. Situa-se a altitude de 272 metros, tendo a vegetação classificada como Caatinga Hipoxerófila.

Obtenção de imagens de Satélites

Para este estudo, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 (sensor OLI) correspondentes aos anos de 2015 e 2018 no período com ausência de chuvas. As imagens selecionadas foram obtidas de forma gratuita através do site da *EarthExplorer* pertencente a USGS (EUA).

Processamento de imagens

Foram utilizadas as seguintes técnicas: a) composição de bandas espectrais; b) realce: índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e; c) reclassificação.

a) Composição de Bandas Espectrais

Utilizou-se o *software* ArcGIS 10.1 com o auxílio da ferramenta *Composit Bands* do ArcToolbox no aplicativo Arcmap. As bandas utilizadas foram as 6, 5 e 4. A partir disto, gerou-se uma imagem em *Raster* onde foi possível identificar e compreender com mais detalhe as informações contidas na imagem.

b) NDVI

O cálculo do índice de vegetação, NDVI, foi efetuado utilizando-se a aplicação de *software* ArcGIS, ferramenta *Raster calculator*, conforme recomendações de Rouse et al. (1973).

c) Reclassificação

Após o cálculo do NDVI, as imagens foram categorizadas em cinco classes definidas em Águas ou Sombreamento, Áreas Estéreis (solo com ausência total de vegetação ou com exposição rochosa), Áreas Agrícolas não Plantadas (áreas com solo exposto, mas sem exposição rochosa, demonstrando um padrão

recém arado) Áreas Agrícolas Plantadas (áreas agrícolas delimitadas em processo de cobertura vegetal) e Vegetação Semidecídua (áreas com vegetação densa que não demonstraram padrões agrícolas de demarcação de solo). Em seguida, foram submetidas a uma reclassificação por meio da ferramenta *Reclass* no mesmo aplicativo. A partir disto, gerou-se um *Count* onde foi possível calcular a área de cada classe em Km². Ao final, elaborou-se mapa temático (2015 e 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do NDVI foi possível realizar classificação satisfatória do uso e cobertura do solo no município Frei Paulo-SE, bem como a área ocupada por cada classe e suas respectivas porcentagens em análise (Tabela 1).

Tabela 1. Classes e reclassificação dos intervalos de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e área (km² e %) em relação aos seus alvos de superfície encontrados no município Frei Paulo-SE.

Classes	Intervalos		Área (km ²)		Área (%)	
	2015	2018	2015	2018	2015	2018
Águas ou Sombras	-0,65 – 0,18	-0,53 – 0,13	1,39	0,43	0,35	0,11
Áreas Estéreis	0,18 – 0,29	0,13 – 0,29	147,08	152,63	37,06	38,46
Áreas Agrícolas não Plantadas	0,29 – 0,35	0,29 – 0,42	120,53	102,73	30,37	25,89
Áreas Agrícolas Plantadas	0,35 – 0,43	0,42 – 0,56	81,37	92,41	20,5	23,29
Vegetação Semidecídua	0,43 – 0,86	0,56 – 0,90	46,48	48,63	11,72	12,25

O município apresenta área total aproximada de 399 km². Observa-se que a classe de maior área (km²) do município pertence à categoria de Áreas estéreis, seguida pelas Áreas agrícolas não plantadas, Plantadas e vegetação semidecídua, em ambos os anos de estudo.

Na Figura 1, observa-se a distribuição espacial da cobertura do solo por meio do NDVI, nos anos de 2015 e 2018. Nota-se que neste período a área de vegetação semidecídua sofreu um incremento de 0,53%, o que indica que uma área de aproximadamente 2 km² pode ter sido recomposta ou foi mascarada por áreas agrícolas com plantios densos. Quanto às áreas agrícolas plantadas, também nota-se que houve um incremento de 2,79%, indicando um possível aumento das áreas cultivadas do município.

Inferências realizadas a partir de estudos voltados para a distribuição espacial da cobertura vegetal do solo são capazes de revelar padrões de zoneamento fitogeográfico podendo estes ser influenciados por fatores geológicos e ambientais (BARBOSA et al., 2017).

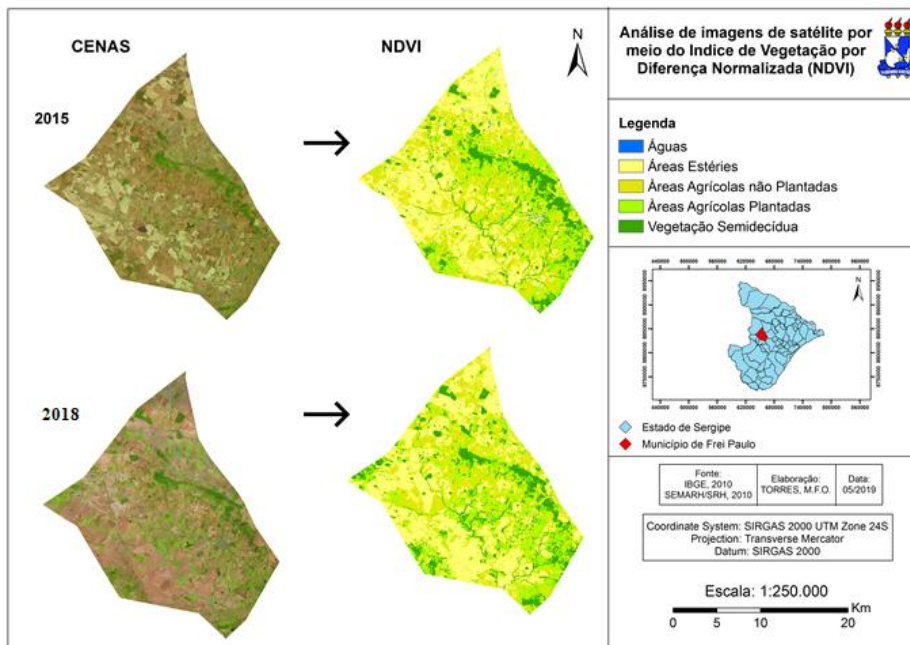


Figura 1: Análise temporal de imagem de satélite por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no município de Frei Paulo – SE após 3 anos.

Na região do município, a precipitação exerce influência direta na paisagem local, uma vez que as chuvas no mesmo ocorrem de maneira irregular, ou seja, os níveis de precipitação não apresentam um padrão específico durante diferentes anos. Conforme informações da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO), o volume total acumulado de chuvas para o período seco (outubro, novembro e dezembro) em 2015 foi de 19,3 mm, no ano de 2018 foi cerca de 28,8 mm, o que pode ter influenciado no aumento da área de vegetação semidecídua e de áreas agrícolas plantadas. A irregularidade das chuvas e o crescimento desordenado das fronteiras agrícolas podem acarretar problemas futuros como a acentuação de processos erosivos e desertificação (OLIVEIRA et al., 2016).

Por meio da análise de imagens realizadas, foi possível inferir que a região mais ao sul do município vem sofrendo de forma severa com as ações antrópicas, uma vez que a agricultura consiste em uma das principais causas da degradação da paisagem local, colocando em risco a biodiversidade local.

Por fim, a área de vegetação semidecídua encontra-se mais conservada ao norte do município, região mais alta, formada por um conjunto de serras, o que dificulta a atividade agrícola no local, colaborando para a conservação da vegetação natural. No entanto, esses locais estão mais sujeitos ao efeito das chuvas orográficas, provocando o desenvolvimento da vegetação que encontra-se no seu entorno (SILVA et al., 2017).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A classificação por meio do índice de vegetação NDVI auxilia na identificação das modificações ocorridas na vegetação do município de Frei Paulo/SE, entre o período de 2015 a 2018. Além disso, proporciona o entendimento e a influência dos seus elementos modificadores.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBOSA, A.H.S; CARVALHO, R.G; CAMACHO, R.G.V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v.33, p.128-143, 2017. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/128171/133014>>. Acesso em 29 maio 2019.

BRITO, R. R. et al. Índices de vegetação SAVI, NDVI e temperatura de brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí – DITALPI. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1048307/indices-de-vegetacao-savi-ndvi-e-temperatura-de-brilho-na-caracterizacao-da-cobertura-vegetativa-do-distrito-de-irrigacao-dos-tabuleiros-litoraneos-do-piaui---ditalpi>>. Acesso em 29 maio de 2019.

YACOUBA, D.; GUANGDUO, H.; XINGPING, W. Assessment of land cover / land use changes using NDVI and DEM in Puer & Sima Counties Yunnan Province China. **World Rural Observations** v. 1, n. 2, p. 1-11, 2009. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/242618819_Assessment_of_land_use_cover_changes_using_NDVI_and_DEM_in_Puer_and_Sima_Counties_Yunnan_Province_China>. Acesso em 29 maio de 2019.

Empresa de desenvolvimento agropecuário de Sergipe (EMDAGRO). Disponível em: < https://www.emdagro.se.gov.br/?page_id=1736>. Acesso em 29 de maio 2019.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

GALVANIN, E. A. S. et al. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982014000300707&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em 29 de maio 2019.

MELO, E. T; SALES, M. C. L; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **RA'E GA**, v. 23, p. 520-533, 2011. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919/16717>>. Acesso em 29 de maio de 2019.

OLIVEIRA, A. R; PINTO, J. E. S. S.; MENDONÇA, F. A. A desertificação no Alto Sertão de Sergipe/Brasil: abordagem na perspectiva das vulnerabilidades socioambientais. **Investigaciones Geográficas**, n. 52, p. 139-149, 2016. Disponível em: < <https://investigacionesgeograficas.uchile.cl/index.php/IG/article/download/43294/46753/>>. Acesso em 29 de maio de 2019.

SILVA, K. S. T.; ALMEIDA, A. M.; SILVA, T. S. F. Influência de determinantes ambientais na vegetação da caatinga. **Sociedade e Território**, v. 29, n. 1, p. 183-198, 2017. Disponível em: < <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/10807/8983>>. Acesso em 29 de maio de 2019.

IMPACTOS BIOFÍSICOS DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO PARNAÍBA

Bernardo Barbosa da Silva¹; Andreza Vitória Santos Tavares¹; Dryele Fernanda Barbosa Nascimento Miranda¹; Amanda Cartaxo de Souza¹; Melquizedek Rafael Duarte da Silva¹
Autor para correspondência: bernardo.silva@ufcg.edu.br

¹Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

RESUMO

As mudanças no uso e ocupação do solo podem promover alterações significativas em diversos componentes biofísicos, como o albedo, temperatura da superfície, índices de vegetação e também no saldo radiativo à superfície. Neste estudo são avaliadas preliminarmente alterações promovidas pelas mudanças no uso e ocupação do solo sobre alguns componentes do balanço de radiação à superfície, com base em imagens de satélite num recorte da bacia do rio Parnaíba. Foram consideradas imagens do TM - Landsat 5 de 27 de julho de 1984 e do OLI-IRTS - Landsat 8 de 17 de julho de 2018. Os resultados mostram claramente que de um modo geral houve aumento do albedo e temperatura da superfície, e redução no NDVI e saldo de radiação instantâneo, nas áreas antropizadas. Os resultados apresentados são preliminares e fazem parte de um estudo mais amplo em que se pretende analisar para toda a bacia do Parnaíba, sobre todo o período 1984-2019, o impacto que as alterações no uso e ocupação estariam provocando nas trocas de calor e massa na referida bacia. Há fortes indícios que a temperatura do ar e também a evapotranspiração já dão claros sinais de alterações.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de radiação; albedo; temperatura da superfície

BIO-PHYSICAL IMPACTS OF LAND USE CHANGES IN THE PARNAÍBA BASIN

ABSTRACT

Land use changes can promote significant impacts in several biophysical components, such as albedo, land surface temperature, vegetation indexes and net radiation at surface. In this study, preliminary results of the impacts promoted by land use changes over some components of radiation balance at surface are evaluated, based on satellite images. It was selected a subset area of the Parnaíba river basin to evaluate the changes. Images of TM - Landsat 5 of July 27, 1984 and OLI - IRTS - Landsat 8 of July 17, 2018 were used. The results showed that there was a general increase in albedo and surface temperature and a decrease in NDVI and instantaneous net radiation. The results presented are preliminary and are part of a larger study in which it is intended to analyze for the entire Parnaíba river basin, especially for the 1984-2019 period, the impact that changes in land use and occupation would be causing in the heat and mass exchanges in the system soil-vegetation-atmosphere in such basin. There are strong indications that air temperature and evapotranspiration already give clear signs of change.

KEY-WORDS: Radiation balance; albedo; land surface temperature

INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e ocupação do solo podem promover alterações significativas em diversos componentes biofísicos, como o albedo, temperatura da superfície, índices de vegetação e também no saldo

radiativo à superfície. Essas mudanças podem impactar o clima localmente, na medida que elas persistirem por um longo período de tempo. Tem se verificado uma ocupação muito intensa em grandes extensões da bacia do Parnaíba, em especial na sua porção mais meridional. Pode-se observar, nos registros pluviométricos mensais de localidade do alto Parnaíba, uma redução acentuada nas precipitações, bem com alguma alteração na temperatura do ar, em especial na temperatura mínima diária. Essas mudanças na temperatura e na precipitação mensal tem sido associada às mudanças antrópicas que se verificam com muita intensidade e abrangência nessa importante bacia hidrográfica. Neste estudo são avaliadas preliminarmente alterações promovidas pelas mudanças no uso e ocupação do solo sobre alguns componentes do balanço de radiação à superfície, com base em imagens de satélite num recorte da bacia do rio Parnaíba. Esta pesquisa é parte de uma proposta bem mais abrangente, que tem por finalidade avaliar sobre toda a bacia do Parnaíba, se tais mudanças no uso e ocupação estão alterando as trocas de calor e massa no sistema solo-planta-atmosfera.

OBJETIVOS DO TRABALHO

A presente pesquisa objetiva apresentar resultados preliminares acerca dos impactos que as mudanças no uso e ocupação da bacia do Parnaíba estão promovendo em algumas variáveis biofísicas envolvidas no balanço de radiação à superfície e que podem afetar o clima em escalas local e meso.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está representada nas Figuras 1 e 2, que contêm mapas das diferentes variáveis abordadas na pesquisa. Este recorte faz parte da bacia do rio Parnaíba. Para se determinar o albedo, NDVI, Tsup e saldo de radiação, foram consideradas preliminarmente duas imagens: uma do TM - Landsat 5, obtida em 29 de julho de 1984, e outra do OLI-IRTS – Landsat 8, gerada em 11 de julho de 2018 (ambas no ponto 060 e órbita 220). Desse modo, poder-se avaliar as mudanças ocorridas nesta área da bacia ao longo do período de 1984 a 2018.

O saldo de radiação instantâneo – $R_{n,inst}$ (Wm^{-2}) à superfície, por ocasião da passagem do satélite sobre a área de estudo, pode ser obtido com base na seguinte expressão (Allen et al., 2007; Silva et al., 2015):

em que α (adimensional) é o albedo da superfície, R_{sw} ($W m^{-2}$) representa a radiação solar global incidente, R_{emi} ($W m^{-2}$) é a radiação de onda longa emitida pela superfície, ϵ_0 é a emissividade (adimensional) de cada pixel, e R_{lw} ($W m^{-2}$) é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção da superfície.

A determinação do albedo com imagens TM – Landsat 5 e OLI – Landsat 8 foram feitas conforme procedimentos apresentados em Silva et al. (2005) e Silva et al. (2016), respectivamente. Já a R_{sw} ($W m^{-2}$) foi obtida com base em Allen et al. (2007). A emissividade ϵ_0 (adimensional) e a R_{lw} ($W m^{-2}$) foram obtidas respectivamente com base em Tasumi (2003) e Duarte et al. (2006). Para efetivação do balanço de radiação foram usados dados complementares às imagens coletados no Alto Parnaíba – MA, presentes na Tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão representados os mapas temáticos do albedo e do NDVI relativos às imagens TM – Landsat 5 de 11 de julho de 1984 e 17 de julho de 2018. Como se pode observar as áreas nas quais se estabeleceram cultivos agrícolas, portanto, antropizadas, apresentam padrões muito distintos daquelas não modificadas. Os valores do albedo aumentaram substancialmente, e o contrário aconteceu com o NDVI. Isso revela que embora as áreas agrícolas apresentem uma grande variabilidade nos valores (do albedo e do NDVI), resultantes nas diferenciações nas datas de plantio das culturas, fica evidenciado o aumento no albedo e uma redução no NDVI.

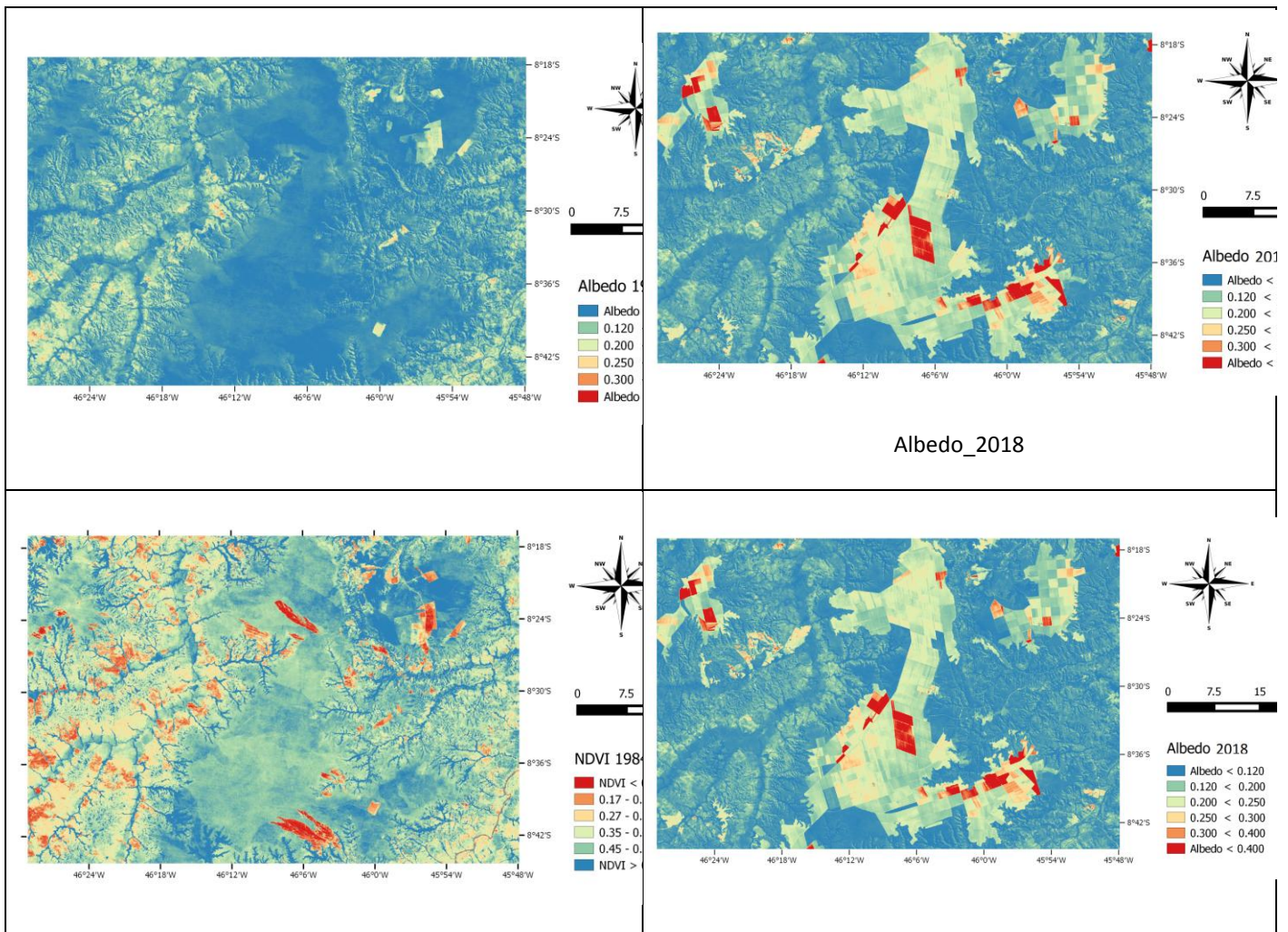
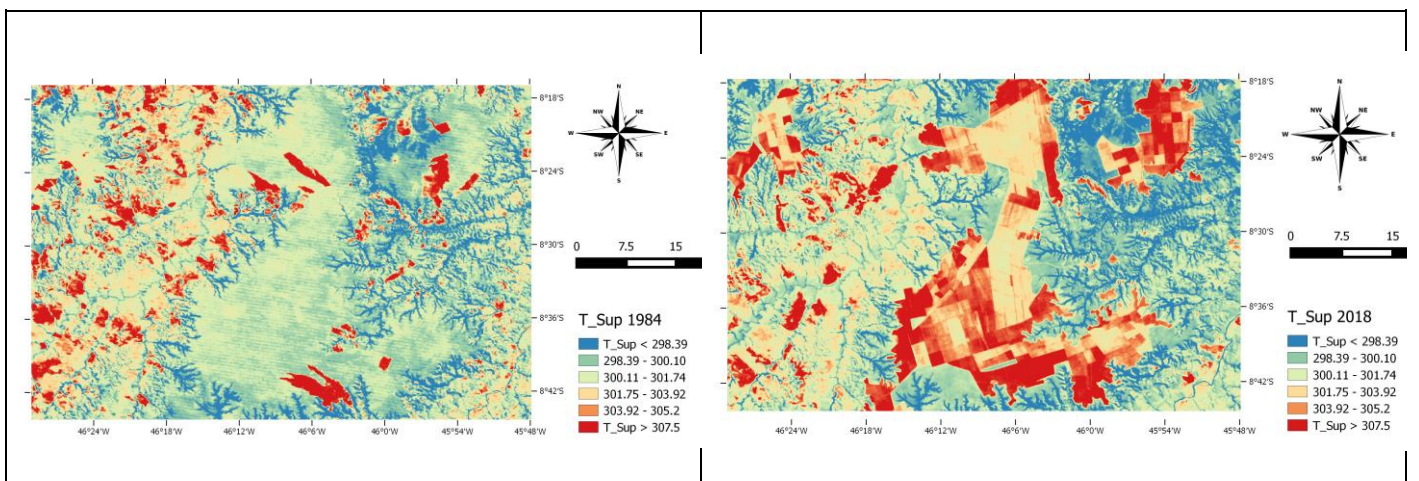
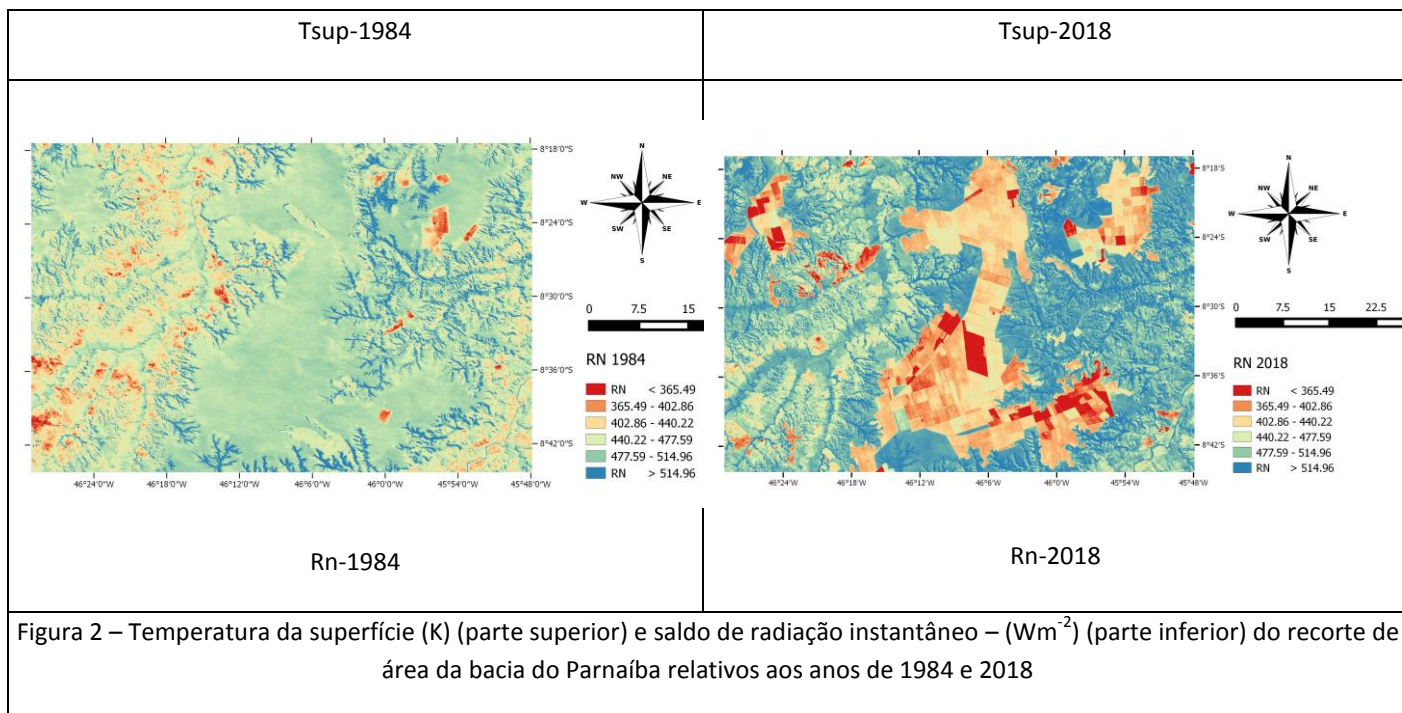


Figura 1 - Albedo (parte superior) e NDVI (parte inferior) do recorte de área da bacia do Parnaíba relativos aos anos de 1984 e 2018

Os mapas temáticos da temperatura da superfície – Tsup (K) e do saldo de radiação instantâneo – Rn (Wm-2) estão representados na Figura 2. Como se pode concluir, há mudanças claras nos padrões da Tsup e Rn entre as duas imagens selecionadas para a pesquisa. As áreas antropizadas apresentam valores bem superiores aos das áreas não antropizadas, embora também se observe uma acentuada variabilidade nos valores da Tsup e do Rn, a exemplo do também verificado com o NDVI e albedo.





CONCLUSÃO / CONCLUSION

A principal conclusão da pesquisa, embora resulte de um conjunto de valores e imagens em caráter bem preliminar, é que as mudanças no uso e ocupação do solo na área investigadas afetaram claramente os padrões e valores das variáveis analisadas. As áreas modificadas com a implantação de cultivos agrícolas, registraram aumento no albedo e Tsup, e redução no NDVI e Rn.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Do CNPq, pela bolsa PQ concedida ao primeiro autor, e pela bolsa de doutorado ao último autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Duarte, H. F., Dias, N. L., Maggiotto, S. R. Assessing daytime downward longwave radiation estimates for clear and cloudy skies in Southern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 171–181, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.06.008>.

Silva, B. B. da, Lopes, G. M., Azevedo, P. V. Balanço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat 5–TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20, 243-252, 2005.

Silva, B. B., Montenegro, S. M. G. L., Silva, V. d. P. R., Rocha, H. R., Galvncio, J. D., and Oliveira, L. M. M. Determination of instantaneous and daily net radiation from TM—Landsat 5 data in a subtropical watershed. *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics*, 135, 42–49, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2015.09.020>.

Silva, B.B. da, Braga, A. C., Braga, C. C., Oliveira, L. M. M. de, Montenegro, S.M.G.L., Barbosa Junior, B. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: application to the Brazilian semiarid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20, 3-8, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p3-8>.

Tasumi, M., 2003. Progress in Operational Estimation of Regional Evapotranspiration Using Satellite Imagery. Ph.D. dissertation. University of Idaho, Moscow, ID.

SECAS E INUNDAÇÕES NO ESTADO DO ACRE: VARIABILIDADE SAZONAL, TEMPORAL E ESPACIAL.

Resller da Silva Nogueira¹; Karla da Silva Rocha^{1,2}; Estefanny Castro de Souza²; Laura de Souza Moraes Dueti²; Edelin Jean Milien²

Autor para correspondência: resllernogueira@gmail.com

¹Universidade Federal do Acre; ²Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre - LAGEOP/UFAC

RESUMO

A preocupação com a preservação dos recursos naturais na Amazônia vem crescendo nos últimos anos. Entre estas preocupações estão as queimadas e a escassez de água. Estudar esses fenômenos é de fundamental importância, principalmente considerando que as estações do ano não são definidas como no restante do Brasil. Portanto, este artigo teve como objetivo avaliar os primeiros resultados do projeto "Verão Amazônico: secas e inundações, consequências no estado do Acre". Buscou-se avaliar a variabilidade sazonal, temporal e espacial de dois fenômenos que ocorrem na estação seca. Estes fenômenos são: focos de calor e nível das águas do rio. Os dados foram obtidos de instituições responsáveis ??pelo monitoramento desses fenômenos na região e posteriormente manipulados em ambiente SIG. Resultados mostram alta incidência de pontos quentes no mesmo período em que ocorre o baixo nível do rio Acre. A coincidência no período de ocorrência desses fenômenos faz do verão amazônico um período em que aumenta a preocupação das autoridades locais com relação ao monitoramento e controle de tais fenômenos. O monitoramento por satélite juntamente com banco de dados manipulados com uso de sistemas de informação geográfica mostram-se bastante eficaz no sentido de monitorar tais fenômenos. Isto permite auxiliar na tomada de decisões e na criação de políticas públicas que minimizem os impactos causados por esses fenômenos.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto; focos de calor; cotas de rio

DROUGHTS AND FLOODS AT ACRE STATE: SEASONAL, TEMPORAL AND SPATIAL VARIABILITY.

ABSTRACT

The concern with the preservation of natural resources in the Amazon has been growing in recent years. Among these concerns are burnings and water shortages. Studying these phenomena is of fundamental importance, especially considering that the seasons of the year are not defined as in the rest of Brazil. Therefore, this article aimed to evaluate results of the project "Amazon Summer: droughts and floods, consequences in the state of Acre". We aimed to evaluate the seasonal, temporal and spatial variability of two phenomena that occur in the dry season. These phenomena are: hot spots, and level of river waters. The data were obtained from institutions responsible for monitoring these phenomena in the region and later manipulated in a GIS environment. Results show a high incidence of hot spots in the same period in which the low level of the Acre River occurs. The coincidence in the period of occurrence of these phenomena makes the Amazonian summer a period in which the concern of the local authorities regarding the monitoring and control of such phenomena increases. Satellite monitoring together with databases manipulated with the use of geographic information systems are very effective in monitoring such phenomena. This helps to make decisions and create public policies that minimize the impacts caused by these phenomena.

KEY-WORDS: Remote Sensing; hot spots; river quotas

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem se observado uma crescente preocupação com a preservação dos recursos naturais. Esta preocupação tem instigado cada vez mais a sociedade e a comunidade científica a pensar sobre a importância das florestas, da agricultura e das fontes hidrológicas para a manutenção da vida no planeta. Pesquisas realizadas acerca desta temática têm demonstrado que além de impactos em pequena e média escala os efeitos do uso desordenado dos recursos naturais são a nível mundial (Guimarães et al., 2014).

Uma das crescentes preocupações relacionada aos recursos naturais são as queimadas e a escassez de água. Ao longo dos anos tem se observado grandes variações com relação ao número de focos de calor, bem como bruscas alterações no nível de disposição dos recursos hidrológicos, implicando assim em modificações ambientais físicas, químicas e biológicas (Barcellos et al., 2009). Isto tem levado a comunidade científica das mais diversas áreas do conhecimento a se perguntar sobre as causas e impactos das rápidas mudanças no uso e cobertura da terra, bem como, o que pode ser feito para minimizar os prejuízos causados por estas variáveis para o meio ambiente e para sociedade.

O período seco conhecido na região como estiagem ou verão Amazônico, se caracteriza pela ausência de chuvas, desencadeando assim, fortes secas. Estes fenômenos sempre ocorreram no estado do Acre, no entanto, ao longo dos anos têm se observado com mais frequência e cada vez mais fortes. Isto tem aumentando a ocorrência de focos de calor, fumaça, escassez de água e a perda da biodiversidade. Além de impactos ambientais, este período de estiagem tem sido motivo de preocupação para as autoridades locais, uma vez que os mesmos têm provocado grandes perdas econômicas para os pequenos agricultores, ribeirinho e sociedade civil.

Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar dois fenômenos que ocorrem no chamado “verão amazônico”, focos de calor e nível das águas do rio Acre. Buscou-se avaliar a variabilidade sazonal, temporal e espacial destes fenômenos e suas consequências para o estado do Acre. De acordo com a literatura, estes fenômenos são controlados principalmente pelos seguintes fatores: clima, condições da vegetação e atividade humana, os quais estão intimamente ligados (Justice et al., 1993), porém neste artigo foco será dado a espacialização focos de calor e do nível das águas em um recorte espacial e temporal determinado.

Pretende assim, mostrar o cenário enfrentado pelo estado do Acre nos anos considerados mais secos, tais como: 2005, 2010, 2015 e 2018. Para as análises, fez-se uso das técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, uma vez que através desta técnica é possível criar, manipular e gerenciar as variáveis estudadas com maior facilidade e precisão. Informações geradas por imagens de satélite têm-se mostrado fundamental para monitoramento dos recursos naturais, uma vez que as mesmas produzem informações atualizadas quase em tempo real que servem para alimentar bancos de dados sobre as diversas mudanças que ocorrem na superfície terrestre.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade sazonal, temporal e espacial de duas variáveis: focos de calor e nível das águas do rio no extremo oeste do Brasil, no estado do Acre.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o estado do Acre, uma das 27 unidades federativas do Brasil. O estado do Acre fica localizado ao sudoeste da Região Norte, fazendo divisa com duas unidades federativas: Amazonas ao norte e

Rondônia a leste; e fazendo fronteira com dois países: a Bolívia ao sudeste e com o Peru ao sudoeste. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia - IBGE seu território abrange uma área de 164.123,040 km². (Figura 1).

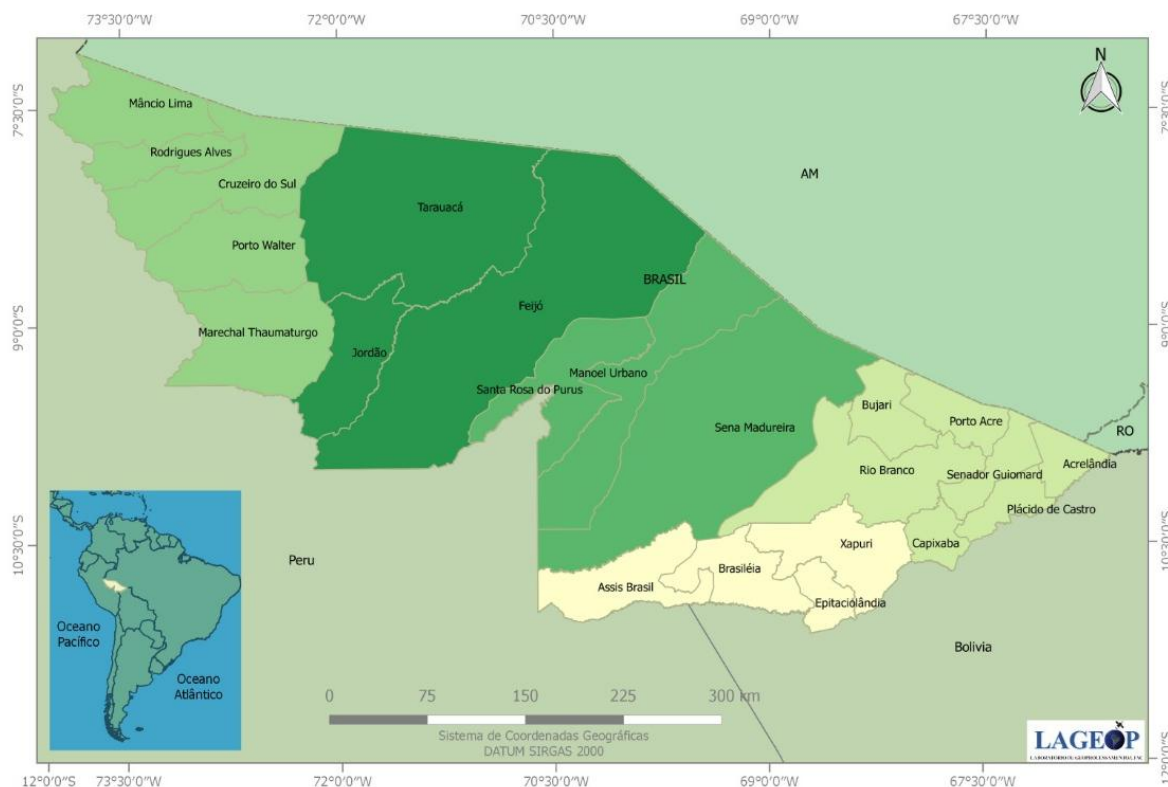


Figura 1: Localização da área de Estudo.

METODOLOGIA

Aquisição de Dados

Para as análises, foram considerados dados de focos de calor e cota dos rios para os anos considerados mais secos, no estado do Acre, tais como: 2005, 2010, 2015 e 2018.

Os dados referentes a focos de calor foram adquiridos do banco de dados do sistema de monitoramento de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE disponível no site <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>. Foram utilizados os focos de calor produtos do satélite de Referência AQUA_M-T com o sensor MODIS (passagem no início da tarde), dos anos de 2005 a 2018.

Dados sobre a cota dos Rios foram obtidas através do Sistema de Monitoramento Hidrológico, Agência Nacional de Águas (ANA) disponível no site http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf e os dados vetoriais referente aos limites municipais foram adquiridos na base do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Acre.

Geoprocessamento

Após a aquisição de dados os mesmos foram organizados em um banco de dados SIG de modo a permitir manipulação e análise dos dados. Primeiramente analisou-se a distribuição dos focos de calor no estado do Acre por município para cada período temporal. Em seguida optou-se em prosseguir as análises em uma área piloto no caso a sede municipal de Rio Branco. Para isto os dados de foco de calor foram organizados por mês, também considerando o recorte temporal tais como os anos 2005, 2010, 2015 e 2018. O mesmo

procedimento foi feito com os dados referentes as contas do Rio Acre, onde foram organizadas e analisadas levando em consideração a distribuição das mesmas por mês para cada período temporal. Isto permitiu observar as variações do nível do Rio Acre e verificar suas correlações com os dados de focos de calor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos focos de calor no estado do Acre para o período temporal estudado mostra que um dos períodos mais críticos em relação a ocorrência de focos de calor foi registrado no ano de 2005. Aproximadamente 12.883 focos de calor foram observados. Neste período, vários jornais locais registraram problemas causados pela baixa humidade relativa do ar, baixa no nível das águas do rio e uma grande quantidade de fumaça.

Em contrapartida, observou-se uma redução nos números de focos nos anos 2010 (1.248) e 2015 (984). A redução no número de focos de calor passando de 12.883 (2005) para 1.248 (2010) e 984 (2015), pode estar relacionada com a Ação Civil Pública (ACP) que entrou em vigor em 2009. O Ministério Público Federal no Acre (MPF/AC), em conjunto com o Ministério Público Estadual (MP/AC), ingressou com Ação Civil Pública para proibir o uso de fogo por produtores rurais em todo o estado do Acre. A ação também visa obrigar que sejam fornecidas alternativas técnicas e práticas para o uso das queimadas como parte do processo produtivo agrícola, conforme a tradição local.

No ano de 2018, estes valores voltaram a crescer, registrando um aumento de aproximadamente sete vezes em relação ao ano de 2015 (Tabela 1). Este aumento volta a levantar preocupação das autoridades locais sobre a necessidade de um monitoramento constantes na ocorrência destes focos de modo a fazer valer a ACP.

Tabela 1: Incidência de focos de calor por município no estado do Acre.

Municípios	2005	%	2010	%	2015	%	2018	%
Rio Branco	1.671	12,97	134	10,74	134	13,62	528	7,97
Plácido de Castro	1.555	12,07	130	10,42	101	10,26	64	0,97
Acrelândia	1.285	9,97	103	8,25	85	8,64	160	2,41
Sena Madureira	1.225	9,51	84	6,73	79	8,03	777	11,73
Senador G.	1.177	9,14	78	6,25	63	6,40	66	1,00
Porto Acre	1.085	8,42	71	5,69	62	6,30	114	1,72
Brasiléia	928	7,20	71	5,69	55	5,59	505	7,62
Xapuri	694	5,39	70	5,61	53	5,39	295	4,45
Bujari	617	4,79	65	5,21	47	4,78	218	3,29
Capixaba	509	3,95	65	5,21	46	4,67	204	3,08
Epitaciolândia	450	3,49	63	5,05	40	4,07	149	2,25
Feijó	444	3,45	57	4,57	36	3,66	839	12,66
Tarauacá	419	3,25	48	3,85	33	3,35	758	11,44

Cruzeiro do Sul	235	1,82	32	2,56	32	3,25	463	6,99
Manoel Urbano	146	1,13	30	2,40	27	2,74	317	4,78
Assis Brasil	109	0,85	27	2,16	27	2,74	190	2,87
Rodrigues Alves	90	0,70	27	2,16	21	2,13	231	3,49
Santa Rosa do Purus	65	0,50	25	2,00	10	1,02	51	0,77
Porto Walter	62	0,48	23	1,84	10	1,02	159	2,40
Mâncio Lima	56	0,43	18	1,44	8	0,81	183	2,76
Marechal Thaumaturgo	37	0,29	17	1,36	8	0,81	213	3,21
Jordão	24	0,19	10	0,80	7	0,71	142	2,14
Total	12.883	100	1.248	100	984	100	6.626	100

Os resultados da distribuição de focos de calor para o período temporal analisado apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% para o teste ANOVA. Porém, quando realizado teste Tukkey, onde se comparou as amostras ano a ano, observou-se diferenças significativas para a maioria dos anos, exceto para a comparação entre os anos de 2010 e 2015 ($p>0,05$), que não apresentaram diferenças significativas (Figura 2).

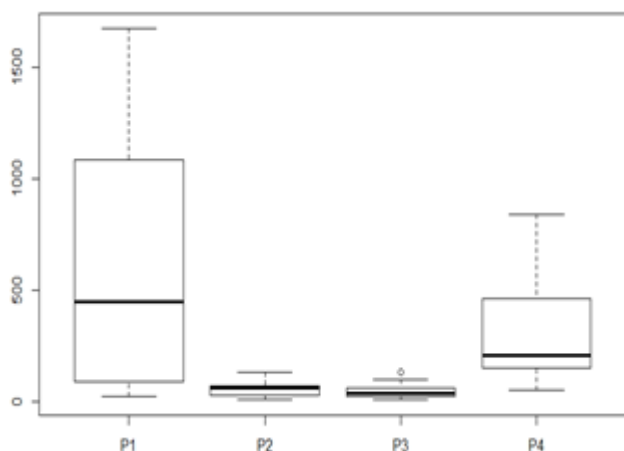


Figura 2: Histograma da análise, onde no eixo Y temos os focos e no eixo X estão os anos 2005 (P1), 2010 (P2), 2015 (P3) e 2018 (P4).

Resultados mostram ainda que os focos acontecem em todos os municípios do estado, porém há uma concentração destes focos nos municípios localizados no leste do Estado (Figura 3), região onde existe a maior densidade demográfica, segundo o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2014). O município de Rio Branco, capital do estado do Acre, destacou-se por apresentar uma maior ocorrência de foco de calor de 12,97% (2005), 10,68% (2010), 13,61% (2015) e 7,98% (2018), totalizando aproximadamente 45% do número de focos de calor dos últimos 13 anos.

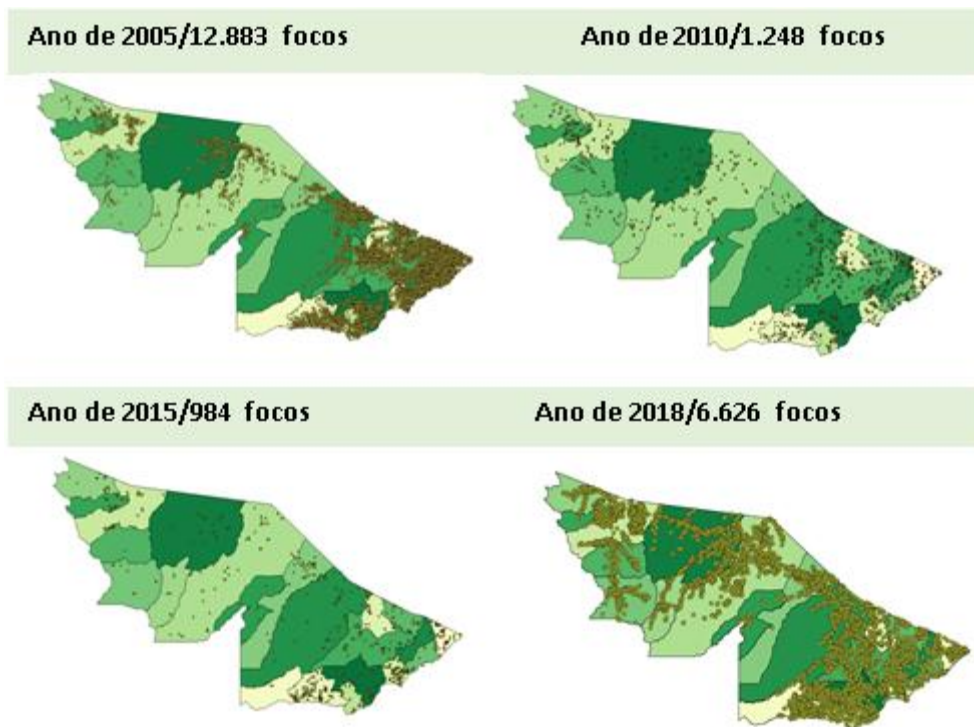


Figura 3: Distribuição dos focos nos municípios do estado do Acre.

Considerando que a alta concentração de focos de calor ocorre nos municípios localizados no leste do estado, prosseguiu-se as análises em uma área piloto, no caso a sede municipal do Acre o município de Rio Branco. Para isto os dados de foco de calor foram organizados por mês, considerando o período temporal de 2005, 2010, 2015 e 2018 e correlacionados com dados de precipitação e risco de fogo.

O município de Rio Branco apresentou maior ocorrência de focos de calor entre os meses de julho a outubro, com predominância nos meses de agosto e setembro (Tabela 2). Este período é caracterizado como período de estiagem ou “verão amazônico”. E é quando também ocorrem baixos índices pluviométricos favorecendo a ocorrência de focos de calor (Figura 4) e risco de fogo.

Tabela 2: Distribuição dos focos de calor no município de Rio Branco-Acre

Distribuição de focos de calor por mês no município de Rio Branco								
Meses	2005	%	2010	%	2015	%	2018	%
Janeiro	2	0,11	0	0,00	3	0,60	0	0,00
Fevereiro	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Março	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Abril	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Maio	0	0,00	3	0,33	0	0,00	2	0,98
Junho	10	0,57	8	0,89	3	0,60	4	1,96
Julho	100	5,70	33	3,68	14	2,81	39	19,12
Agosto	780	44,50	199	22,21	119	23,90	62	30,39

Setembro	696	39,70	591	65,96	249	50,00	378	185,29
Outubro	160	9,13	57	6,36	101	20,28	43	21,08
Novembro	5	0,29	5	0,56	8	1,61	0	0,00
Dezembro	0	0,00	0	0,00	1	0,20	0	0,00
Total	1.753	100	896	100	498	100	204	100

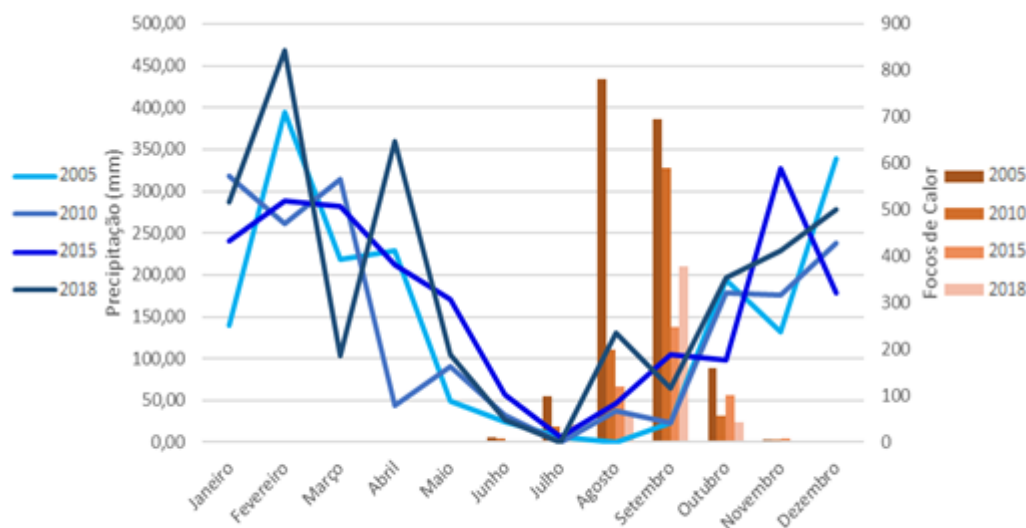


Figura 4: Focos de calor x Precipitação para o município de Rio Branco nos anos de 2005, 2010, 2015 e 2018.

Porém, de acordo com dados apresentados na **Tabela 3**, fica evidente que por mais que o aumento dos números de focos de calor esteja coincidindo com a época com menores índices de precipitação (verão Amazônico), os mesmos não possuem uma correlação que demonstre que um fator depende do outro, uma vez que quanto mais próximo de 1 maior a correlação entre variáveis.

	FC_2005	PP_2005	FC_2010	PP_2010	FC_2015	PP_2015	FC_2018	PP_2018
FC_2005	1							
PP_2005	-0,503	1						
FC_2010	0,840	-0,417	1					
PP_2010	-0,473	0,695	-0,422	1				
FC_2015	0,880	-0,401	0,954	-0,396	1			
PP_2015	-0,506	0,644	-0,352	0,735	-0,424	1		
FC_2018	0,737	-0,380	0,983	-0,401	0,923	-0,328	1	
PP_2018	-0,338	0,830	-0,339	0,534	-0,322	0,660	-0,345	1

Tabela 3: Tabela de correlação entre os Focos de calor (FC) e os índices de Precipitação (PP).

No verão Amazônico, é quando cresce a preocupação do poder público em relação à saúde da população devido à alta incidência de fumaça. Outra preocupação está relacionada com a probabilidade de o fogo fugir do controle e se transformar em grandes queimadas provocando assim, grandes prejuízos econômicos. Assim, é importante avaliarmos a distribuição espacial de risco de fogo no município de Rio Branco.

Os mapas de Kernel para o município de Rio Branco apresentados na Figura 5 mostram os resultados da interpolação dos focos de calor para o período temporal avaliado (2005 a 2018), evidenciando maiores densidades de risco de fogo nos anos de 2015 e 2018. Diante da relação existente nos mapas de densidade de Kernel, produto da interpolação dos focos de calor, conforme os anos de estudos, ressalva-se sua magnitude na área estudada, aferindo-se assim a sua densidade por meio das cinco classes estimadas, sendo: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

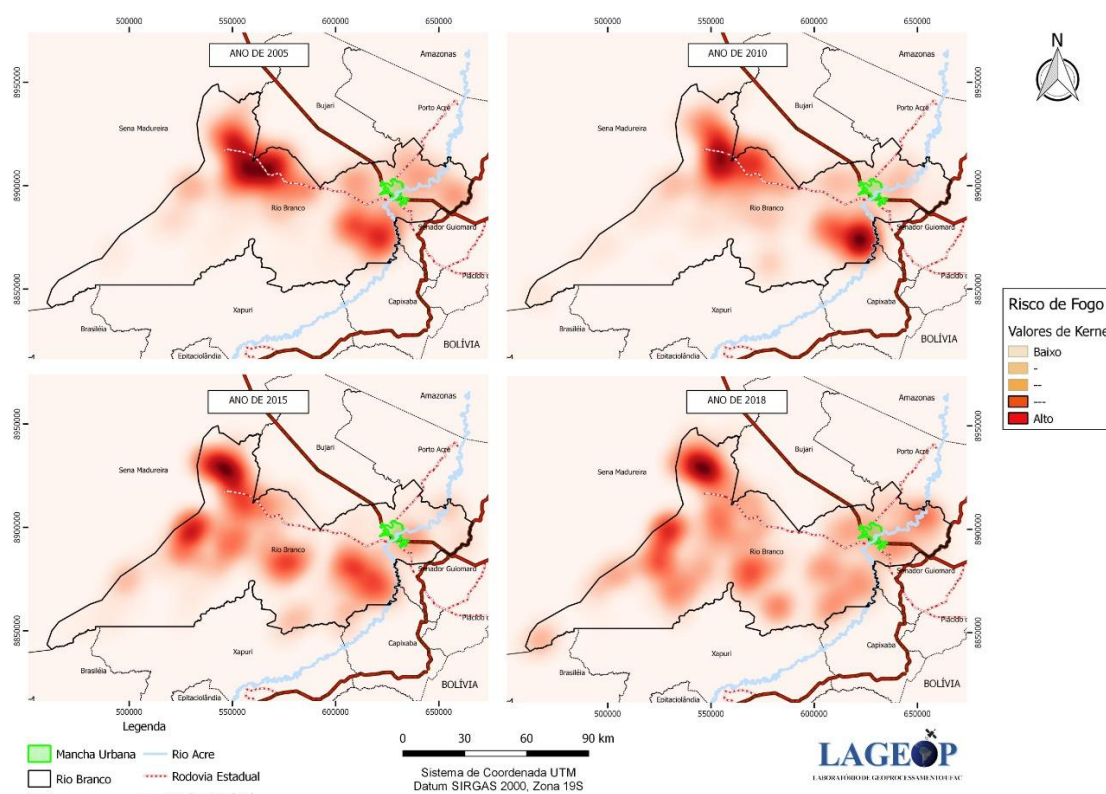


Figura 5: Mapas de Kernel do município de Rio Branco, Acre destacando risco de fogo.

Com relação as análises das cotas do rio Acre, um fator limitante foi a disponibilidade de registros diários para o período temporal estudado. Uma vez que os mesmos não são contínuos, ou seja, não havendo registros diários para alguns anos, dificultando assim a análise de correlação de dados. Isto pode ser observado na **Figura 6** para os meses de novembro e dezembro, onde não foi possível avaliar as informações referentes aos meses de novembro e dezembro por ausência de registros.

Ainda relacionado a **Figura 6** foi possível observar que a distribuição de cotas por mês para o período analisado (2005, 2010, 2015 e 2018) destaca o período de julho a outubro como período de menores cotas, apresentando assim as seguintes cotas médias 2,56, 2,25, 2,06 e 2,32, respectivamente. Vale ressaltar que os meses correspondentes as baixas cotas são também os mesmos meses que apresentaram maior incidência de foco de calor e baixa precipitação o que torna o verão amazônico um período no qual aumenta a preocupação das autoridades locais com relação ao monitoramento e fiscalização de tais fenômenos.

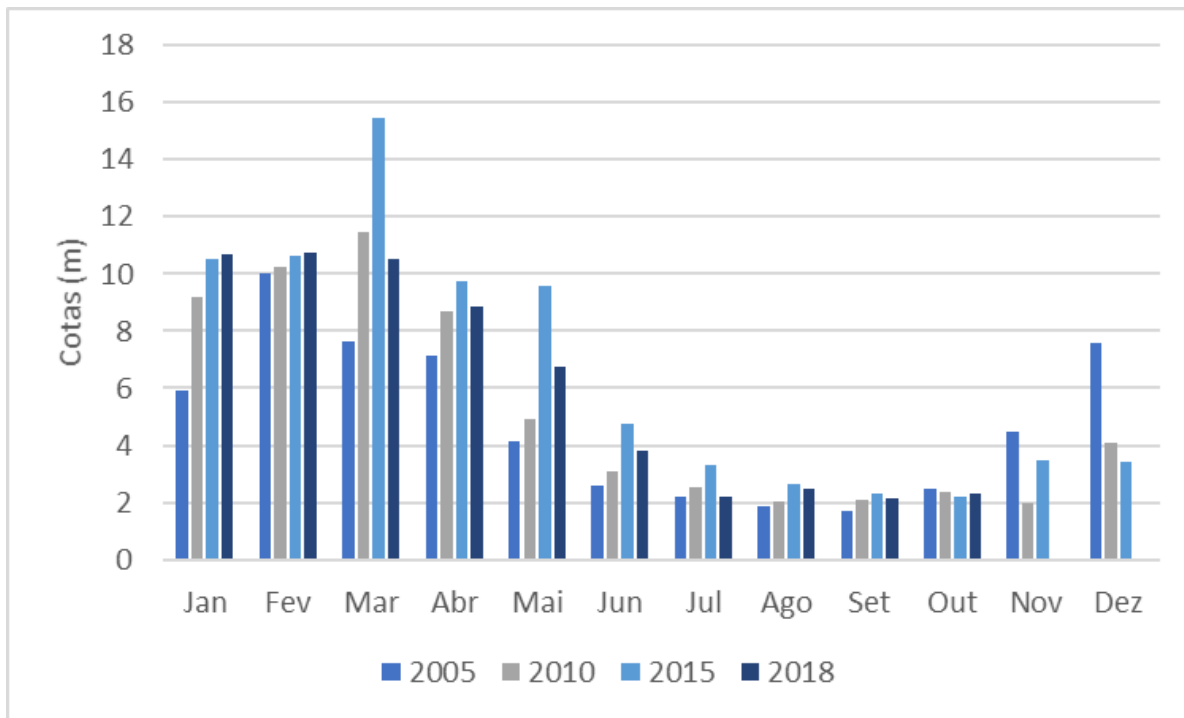


Figura 6 Cotas do rio Acre durante os anos de 2005, 2010, 2015 e 2018.

A **Figura 7** mostra a média das cotas dos meses de agosto, setembro e outubro para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2018. É possível, observar que setembro de 2005 foi o mês que apresentou menor cota do rio, coincidindo, portanto, com o período de maior ocorrência de focos de calor. O ano de 2010, também, também apresentou cotas baixas no mesmo período que 2005, porém, foi no mês de agosto que se registrou a menor cota. No ano de 2015, o verão amazônico foi mais prolongado, ou seja, as chuvas começaram mais tarde fazendo com que houvesse uma maior incidência de seca no mês de outubro, fugindo assim do padrão observado na região.

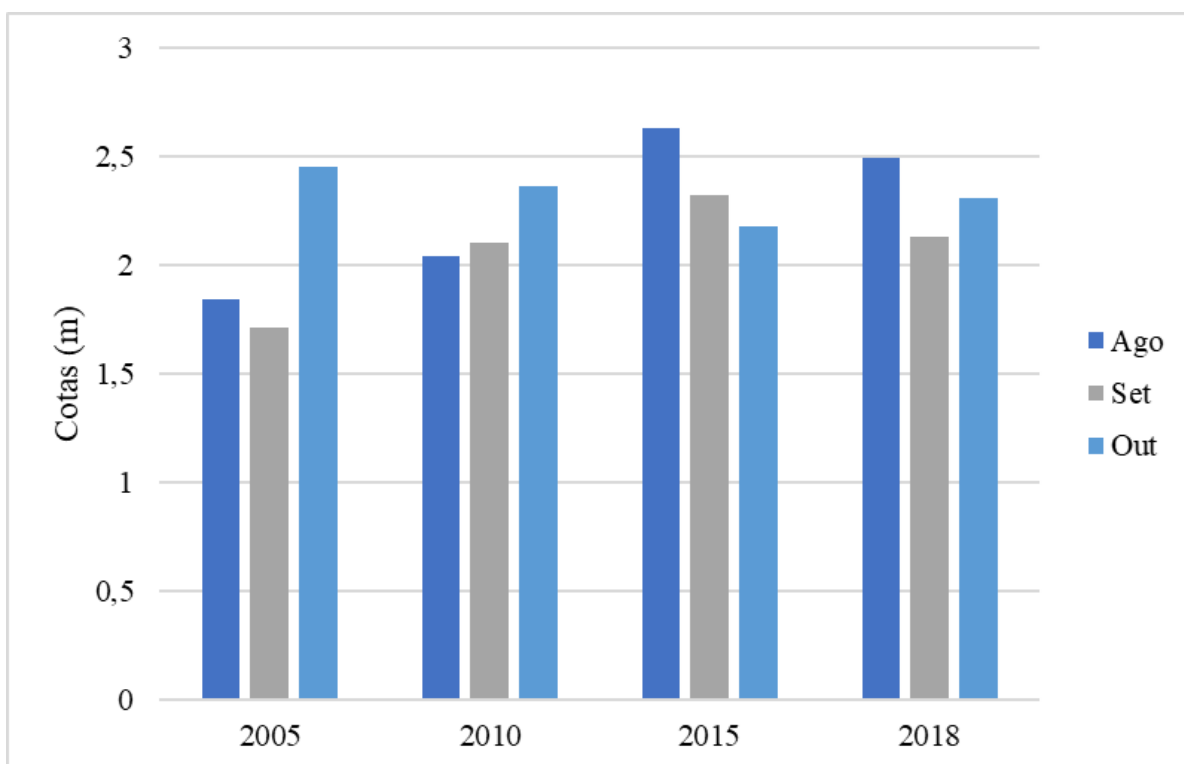


Figura 7: Período de menores cotas do rio Acre para os anos 2005, 2010, 2015 e 2018.

Quando relacionando focos de calor com o nível das águas do rio através das cotas (**Figura 8**), foi possível observar que 2010 e 2015 foram os anos que apresentaram menor ocorrência de focos de calor, 1.248 e 984,

respectivamente. No entanto, de acordo com as análises foram também os anos que apresentaram as menores cotas para o rio Acre e menor precipitação.

Pode-se observar também que no mês de março de 2015 e 2010 foram registradas as maiores cotas, com 15,43m e 11,44m respectivamente. Neste período, estas elevadas cotas levaram à ocorrência de grandes alagações no estado, desabrigando diversas famílias e causando perdas econômicas significativas tanto para a população rural como urbana (Defesa Civil, 2016).

Pela distribuição espacial dos focos de calor, foi possível comprovar também, que os focos estão concentrados apenas em alguns meses do ano, principalmente nas épocas secas, época em que de acordo com a tradição local inicia-se o período das práticas agrícolas. Entre estas práticas estão o desmate e limpeza do solo para cultivo de subsistência ou recuperação de áreas de pastagem, o qual tem a queimada como uma das principais práticas culturais.

Observando-se o cenário de distribuição temporal das cotas do nível do rio Acre, o ano de 2005 apresentou uma das menores cotas, 1,71m, valor este observado no mês de setembro. Apesar de este valor ser considerado um dos menores, não chegou a superar o recorde registrado até hoje, observado no ano de 1988 com 1,66m. Mas mesmo não tendo sido tão baixo quanto o recorde em 1988, foi suficiente para causar redução no abastecimento de água, trazendo assim prejuízos econômicos para a agricultura e pecuária.

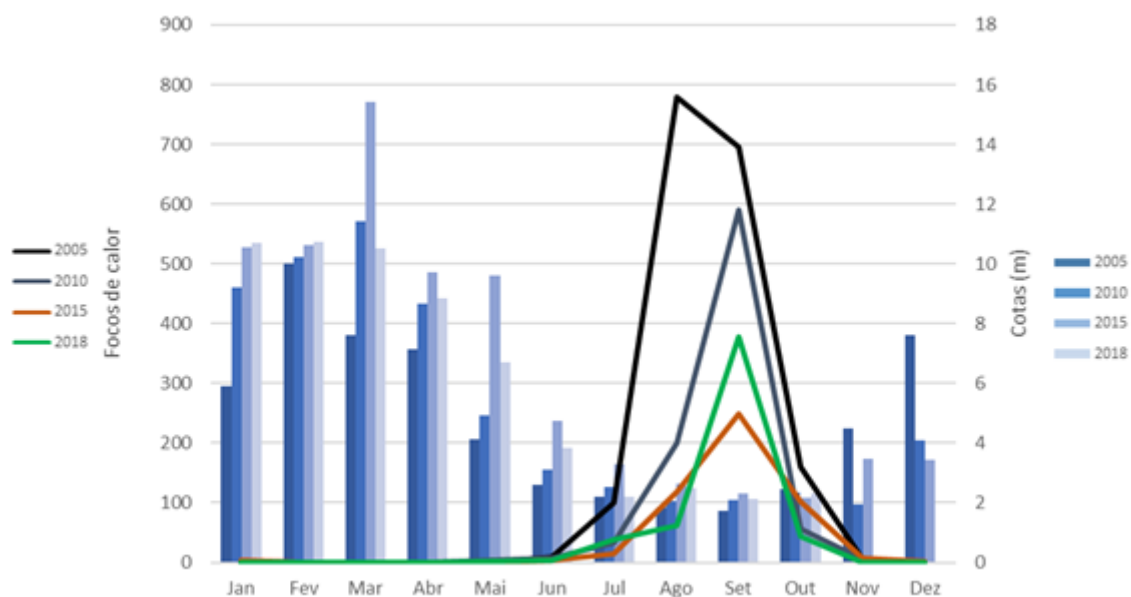


Figura 8: Focos de calor versus cotas do Rio Acre para os anos 2005, 2010, 2015 e 2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A análise espacial e temporal dos fenômenos decorrentes do verão amazônico mostra que o estado do Acre sofre com o advento de queimadas, enchentes e secas severas.

No período seco ou verão amazônico a concentração dos registros de focos de calor, índices de precipitação e período de medições das cotas do rio Acre são similares. Ambos ocorrendo nos meses de julho, agosto e setembro.

O monitoramento de focos de calor por satélite funciona como uma excelente ferramenta para auxiliar na tomada de decisão e criação de políticas públicas que possam minimizar os impactos causados por estes fenômenos.

Ha uma necessidade de melhoria no registro das cotas dos rios pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento, uma vez que este auxilia as autoridades locais no tocante a ocorrência e gerenciamento de enchentes e secas severas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre - LAGEOP/UFAC pela estrutura física e logística para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P.M. 2000. As lições do fogo. **Ciência Hoje**, 27 (157), 35-39.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. L.; CARVALHO, M. S. C.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. ISSN 2337-9622. Brasília, DF. 2009.

CARDOSO, M.; NOBRE, C.; SAMPAIO, G.; HIROTA, M.; VALERIANO, D.; CÂMARA, G. Long-term potential for tropical forest degradation due to deforestation and fires in the Brazilian Amazon. **Biologia (Bratislava)**, v. 64, p. 433-437, 2009.

FREITAS, S. et al. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, v. 19, p. 167–185, 2005.

GUIMARÃES, P. P.; SOUZA, M. S.; FIEDLER, N. C.; SILVA, A. G. da. Análise dos impactos ambientais de um incêndio florestal. **Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, GO. v.1, n.01, p. 38-60. 2014.

Justice, C.; Malingreau, J.; Setzer, A. W. Satellite remote sensing of fires: potential and limitations. In: **Ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires**. John Wiley and Sons, 1993. p. 77-88. Publicado como: INPE-7607-PRE/3458.

NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A.G.; ALENCAR, A.A. 1999b. A floresta em chamas: Origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia. Programa piloto para a proteção das florestas tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 202p.

VASCONCELLOS, S. d.; BROUN, I. (Ed.). **The use of hot pixels as an indicator of fires in the MAP region: tendencies in recent years in Acre, Brazil**. Florianópolis, Brasil: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. 4549-4556 p.

Sampaio, G.; Nobre, C.; Costa, M. H.; Satyamurty, P.; Soares-Filho, B. S.; Cardoso, M. F. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, v. 34, p. 1-7, 2007.

SANTOS, A. F. dos; ANDRADE, A. O. de; GUIMARÃES, C. S. da S.; ROMANO, T. A.; COSTA, J. I. **Impactos econômicos, sociais e ambientais das enchentes do Rio Madeira no município de Humaitá-AM**. 14º Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poço de Caldas, MG, 2017.

Santos, T.; Filho, V.; Rocha, V.; Menezes, J. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estado de revisão. **Rev. Geogr. Acadêmica**. v.11, n.2. ISSN 1678-7226, 2017.

SHIMABUKURO, Y. E.; KRUG, T.; SANTOS, J.R. DO; NOVO, E. DE M.; YI, J.L.R. (2000) Roraima o incêndio visto do espaço. **Ciência Hoje**, 27 (157), 32 – 34.

silva, M. C. da; ROMEU, L. V. L.; FIGUEREIDO, S. M. M. **Análise temporal de focos de calor no Acre: Padrões e distribuição.** In: 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. 20-24, out. Jardim, MS. Anais... Jardim: Embrapa Informática e Agropecuária/INPE, p. 152-161, 2018.

SILVA, O. L. C.; GOMES, L. S.; LOPES, S. N.; MATOS, A. BORTOLON. de; FILHO, P. A. S. Avaliação dos impactos causados pelas enchentes em regiões ribeirinhas na cidade de Boa Vista/RR. **Revista de Ciência e Tecnologia.** Boa Vista – RR. v. 3, n. 4, ISSN 2447-7028, 2017.

ZENG, N. et al. Causes and impacts of the Amazon drought. **Environmental Research Letters.** v. 3, n. 014002, p. 1-9, Jan-Mar 2008. doi:. Article Number: 014002.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE PASTAGEM NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO ESTIMADA A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT 8

Mariane dos Santos Pessanha¹; Suelen da Costa Faria Martins¹; Gustavo Bastos Lyra²; Ednaldo Oliveira dos Santos²; Marcel Carvalho Abreu²

Autor para correspondência: marisantospessanha@gmail.com

¹Mestranda em Eng. de Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ;

²Professor, Dep. de Ciências Ambientais do Inst. de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo realizar estimar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) e Índice de Área Foliar (IAF) por imagens orbitais, correlacionando com dados de altura e IAF coletados em campanhas de campo numa área de pastagem da região metropolitana do Rio de Janeiro. No estudo, utilizaram-se cinco imagens do sensor OLI (*Operational Land Image*) abordo do satélite Landsat 8, órbita 217 e ponto 75, referente aos dias de revisita: 01/09/18, 03/10/18, 06/12/18, 23/01/19 e 24/02/19. Com o processamento das imagens foram obtidos os dados espacializados do IVDN, IVAS e IAF e esses correlacionados com os dados de IAF e altura coletados em cinco campanhas em campo. Verificou-se que os modelos para estimativa do IAF em função dos índices de vegetação precisam ser ajustados para condições de superfície a fim de se obter melhor desempenho das estimativas e, assim, serem aplicados para análises de distribuição, comportamento e características espaço-temporal da pastagem.

PALAVRAS-CHAVE: Landsat 8; índices de vegetação; pastagem

LEAF AREA INDEX OF PASTURE IN THE METROPOLITAN REGION OF RIO DE JANEIRO ESTIMATED FROM IMAGES LANDSAT 8

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil - Adjusted Vegetation Index (SAVI) and Leaf Area Index (LAI) by orbital images, correlating with height and LAI data collected in campaigns field in a grazing area of the metropolitan region of Rio de Janeiro. In the study, five images of the OLI (Operational Land Image) sensor aboard Landsat 8 satellite, orbit 217 and point 75, for the days of revisit: 09/01/18, 10/03/18, 12/06/18, 01/23/19 and 02/24/19. The spatial data of the IVDN, IVAS and IAF correlated to LAI and height data collected in five field campaigns. It was verified that models for estimation of LAI as a function of vegetation indices need to be adjusted for surface conditions in order to obtain better estimates performance and thus be applied for analyzes of distribution, behavior and spatiotemporal characteristics of the pasture.

KEY-WORDS: Landsat 8; vegetation indices; pasture

INTRODUÇÃO

A necessidade de monitoramento da cobertura vegetal estimula a aquisição de informações espaço-temporal, com objetivo de compreender padrões de variação de objetos na superfície terrestre. Os padrões dos alvos

são identificados na resposta espectral nos diferentes comprimentos de onda e a análise desses valores auxilia a interpretação de índices. Para tanto, as imagens obtidas por sensores remotos (orbitais ou veículos aéreos não tripulados), associadas aos novos recursos tecnológicos de processamento, possibilitam a aplicação e interpretação de mudanças em áreas agrícolas, florestais e urbanas. A utilização de índices de vegetação, como por exemplo, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) auxilia na obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos, como a área foliar, Índice de Área Foliar (IAF), biomassa, porcentagem de cobertura do solo, vigor da vegetação e atividade fotossintética (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996). O IAF é um parâmetro fundamental na avaliação do crescimento e produção das plantas e, pode ser tanto medido, por métodos destrutivos (dados de superfície), quanto estimado (métodos destrutivos ou não destrutivos, em *in situ* – superfície ou por sensores remotos) (FIGUEREDO JÚNIOR et al., 2005). O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada proposto por Rouse et al. (1973) é um índice que permite análises sobre a cobertura vegetal de determinada região em diversas escalas. O SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) ou IVAS (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) desenvolvido por Huete (1988) foi proposto, devido às limitações observadas no IVDN, com o objetivo de melhorar os valores de IVDN sem necessidades de medições em campo (JENSEN, 2009). Normalmente, os parâmetros biofísicos estimados com dados de sensores remotos se utilizam de modelos empíricos, ajustados para condições e vegetações específicas. Esses modelos não são universais e devem ser avaliados e, quando necessário, ajustados a condições específicas para estimativas precisas e exatas. Segundo dados do monitoramento de cobertura vegetal e uso da terra do INEA (Instituto Estadual do Ambiente) a classe pastagem, em 2010, representava 58,54 % do território do estado do Rio de Janeiro. Zanchi et al. (2009) afirmam existir poucas informações referentes a variação espacial da biomassa vegetal, altura da pastagem e do IAF de pastagens. Assim, a análise dos índices de vegetação para caracterização da pastagem com dados de satélite pode ser importante indicador para áreas extensas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivos i) avaliar as estimativas do IAF em função dos índices IVDN e IVAS para área de pastagem na região metropolitana do Rio de Janeiro por meio de análises espectrais de imagens do satélite Landsat 8-OLI em relação as medições em campo do IAF, ii) ajustar as relações do IVDN e IVAS *versus* IAF medido em campo e iii) avaliar as relações entre IAF e altura da vegetação medida.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área experimental (Figura 1) compreendeu uma área de pastagem localizada no município Cachoeiras de Macacu, região metropolitana do Rio de Janeiro (22° 27' 49" S e 42° 45' 56" W, 29 m). Nessa área foram realizadas medidas de IAF com o uso do equipamento ceptômetro (AccuPAR modelo LP-80, Decagon Devices, USA) e altura da vegetação, com régua milimetrada, nos dias 19/03/19. Em cada campanha, foram realizadas, aproximadamente, 10 amostras do IAF e da altura da vegetação em área contígua, sendo cada amostra resultante da média de cinco medições em cada posição dentro da área de pastagem. O ceptômetro estima o índice de área foliar com base em medidas da densidade de fluxos de fótons fotossintéticos acima e abaixo do dossel (SANTOS et al., 2013).

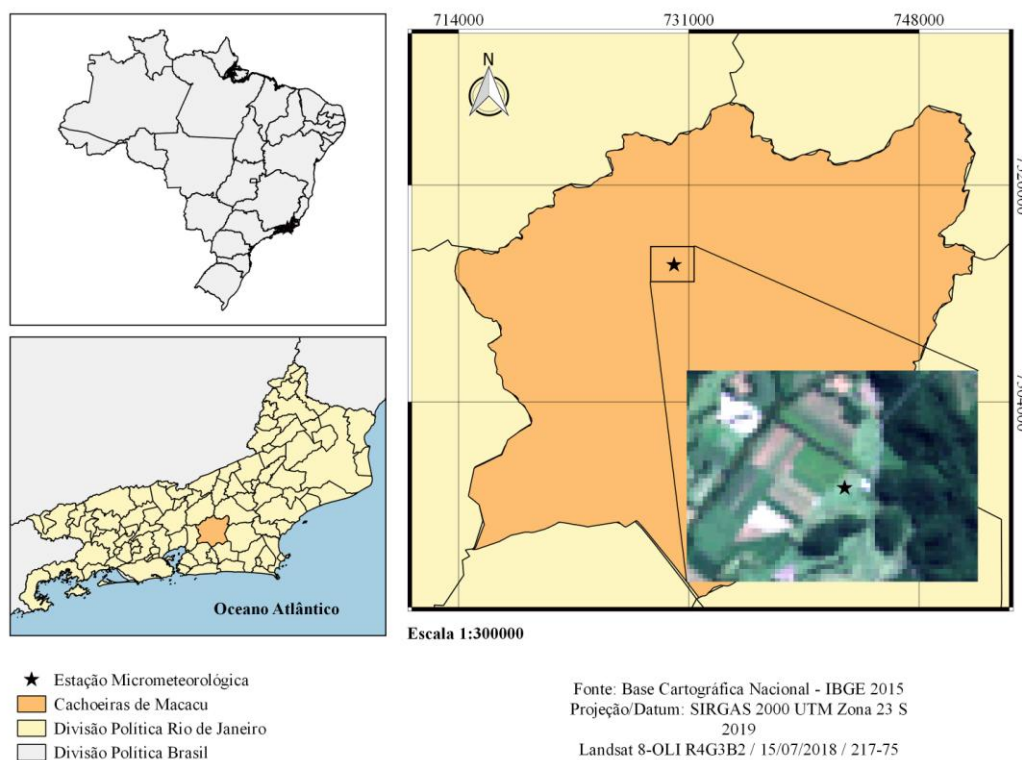


Figura 1: Localização da área experimental, Cachoeiras de Macacu, RJ.

Para a análise foram adquiridas imagens do sensor OLI (*Operational Land Imager*) do satélite Landsat 8 junto ao *United States Geological Survey* (USGS), por meio da plataforma online. As imagens Landsat 8 apresentava resolução radiométrica de 16 bits e resolução temporal de 16 dias, sendo compostas por 11 bandas espectrais (USGS, 2013).

Para a seleção foram consideradas as imagens com menor interferência de nebulosidade e as bandas 4 (*Red*- 0,64-0,67 μm) e 5 (*Near Infrared* – 0,85-0,88 μm) que melhor caracterizam a vegetação. Foram selecionadas imagens referentes aos dias 01/09/18, 03/10/18, 06/12/18, 23/01/19 e 24/02/19, na órbita 217 e no ponto 75, com horário de passagem às 12:51 horário local. Cada cena imageada pelo Landsat 8 apresentava 170 x 185 km. As imagens foram reprojetaadas, assumindo a Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000 e Fuso 23S. Os procedimentos de processamento das imagens foram realizados no QGIS 2.8.3 (QGIS Development Team, 2015).

Na primeira etapa do processamento efetuou-se o cálculo da radiância espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$):

$$L_{\lambda i} = L_{min} + \frac{L_{max} - L_{min}}{255} \times ND \quad \text{Eq. (121)}$$

em que, ND o número digital de cada pixel, os coeficientes L_{max} e L_{min} são as radiâncias espectrais máximas e mínimas ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$). Em seguida, calculou-se a reflectância monocromática de cada banda ($\rho_{\lambda i}$), conforme Allen et al. (2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \times L_{\lambda i}}{E_{\lambda i} \times \cos(\theta z) \times dr} \quad \text{Eq. (122)}$$

Após a realização das correções necessárias nas imagens, as bandas de reflectância do infravermelho próximo e do vermelho foram utilizadas para o cálculo dos índices de vegetação. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo (ρ_{iv}) e no vermelho (ρ_v) do visível e pela soma dessas mesmas reflectividades apresentado na Equação 3 (ROUSEET et al., 1973).

$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad \text{Eq. (123)}$$

Para o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo aplicou-se a Equação 4, que considera os efeitos do solo exposto nas imagens analisadas e, visa minimizar a influência da resposta espectral do solo, mediante a inclusão de um fator de ajuste (L) que é variável com o grau de fechamento do dossel e permite melhora na interpretação das variáveis da vegetação. Para esse estudo adotou-se $L=0,5$, definido para uma vegetação com densidade intermediária, conforme Huete (1988).

$$SAVI = \frac{(1 + L) \times (\rho_{iv} - \rho_v)}{L + \rho_{iv} + \rho_v} \quad \text{Eq. (124)}$$

Em seguida, foi calculada a relação entre a área foliar de toda vegetação e a unidade de área de solo ocupada por essa vegetação, denominada de índice de área foliar (m^2 folhas/ m^2 solo), tendo por base o SAVI estimado na etapa anterior para $L=0,50$ e empregando a equação empírica sugerida por Allen et al. (2002):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{a - SAVI}{b}\right)}{c} \quad \text{Eq. (125)}$$

em que, $a = 0,69$, $b = 0,59$ e $c = 0,91$

Os coeficientes da Eq. 5 foram depois ajustados, considerando o IAF obtido pelo ceptômetro e o método de Levenberg-Maquardt (MOREÉ, 1978). O problema inverso foi resolvido em ambiente de computação científica Scilab versão 6.02 (SCILAB, 2019), onde foi utilizado o algoritmo (lsqrsolve) para executar o método de Levenberg-Maquardt. O algoritmo minimiza a soma do quadrado dos resíduos para otimizar os coeficientes. Além do SAVI, também foi ajustado o IAF em função IVDN, considerando Eq. análoga a 5, contudo ao invés do SAVI utilizou-se o IVDN.

Foi avaliada também a relação entre o IAF e h observado, sendo nesse caso ajustado um modelo linear simples:

$$IAF = a + b \times h \quad \text{Eq. (126)}$$

Os coeficientes da Eq. 6 também foram determinados usando o método de Levenberg-Maquardt. O IAF estimado pela Equação 5, com os coeficientes sem ajuste e ajustados, foi então comparado com o IAF determinado pelo ceptômetro (observado). Nas avaliações considerou-se a regressão linear simples ($Y = a + b X$) entre os dados observados (X) e estimados (Y) e o coeficiente de determinação dessa relação (r^2). Na análise de modelos, o r^2 indica a precisão das estimativas. Para avaliar a exatidão das estimativas foi considerado o coeficiente de concordância de Willmott (WILLMOTT, 1981):

$$d = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \quad \text{Eq. (127)}$$

A Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME) absoluta e relativa (em relação à média) foi estimada pela Equação 8, onde N é o número de observações.

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} \quad \text{Eq. (128)}$$

O coeficiente de determinação (r^2) apresentado na Equação 9, é dado pela seguinte razão:

$$r^2 = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad \text{Eq. (129)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre IAF x h apresentou coeficiente de determinação de 0,739 (Tabela 1), o que indicou que a altura da vegetação explicou a maior parte da variação do IAF. A Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME) foi de 0,481 m²/m², que representou menos de 10 % da média de IAF observado (Tabela 1). Allen et al. (1998) sugerem a relação IAF = 24 h, o que no caso da altura observada no presente experimento (0,25 – 0,43 m), resultaria em IAF entre 6,0 e 10,4. Esses valores foram de 53,2 a 62,6 % superiores aos observados na pastagem durante o período do experimento (3,69 – 6,79) (Figura 2).

Tabela 1: Coeficiente de determinação (r^2) dos modelos de regressão linear simples da relação entre índice de área foliar (IAF) e altura da vegetação (h) e não-linear (Eq. 5) do IAF e dos índices de vegetação (NDVI e SAVI), índice de concordância de Willmott (d) e Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME).

	IAF x h	NDVI x IAF	SAVI x IAF

a	9.482	0.790	0.593
b	2.001	3.149	64.450
c		0.906	1.680
r²	0.739	0.933	0.932
d	0.910	0.982	0.982
RMSE	0.481	0.236	0.238
RMSE (%)	9.48	4.86	4.90

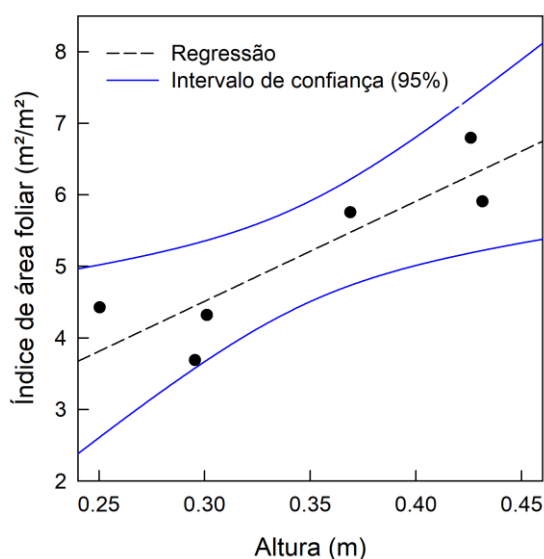


Figura 2 - Relação entre índice de área foliar (m^2/m^2) e altura da cultura (m) observados na área de pastagem.

Quando se comparou IAF estimado pelo índice SAVI, com a Eq. 5, na forma original, com o IAF observado (ceptômetro) observou-se precisão das estimativas, com r^2 de 0,872. Contudo a Eq. 5 resultou em subestimativa (Figura 3), com média do IAF SAVI três vezes menor que o IAF observado. A RQME foi de $1,45 m^2/m^2$, que representou 30 % da média do IAF observado. Esse resultado indicou baixa exatidão e necessidade de ajuste dos coeficientes da Eq. 5 para melhorar as estimativas do IAF para a pastagem.

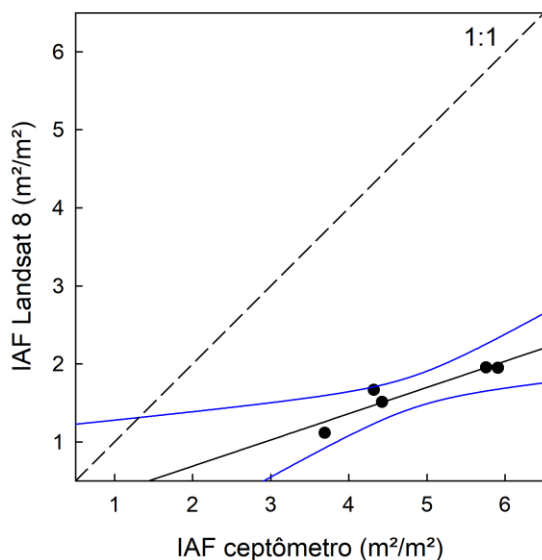


Figura 3 - Relação entre índice de área foliar (m^2/m^2) observada (ceptômetro) e estimado com base em imagem Landsat 8 em função do SAVI ($L = 0.5$) sem ajuste na área de pastagem.

As relações NDVI x IAF e SAVI x IAF baseadas nos índices estatísticos possibilitaram a identificação de correlação entre os dados das campanhas de campo e os gerados após o processamento das imagens orbitais. Como resultados da análise estatística (Tabela 1) foram obtidos valores do coeficiente de determinação (r^2) similar e de 0,932 (SAVI x IAF) e 0,933 (NDVI x IAF). Ou seja, a variabilidade do IAF é explicada quase na plenitude pelos índices de vegetação avaliados. Os valores da RQME foram inferiores a 5 % para ambos os índices.

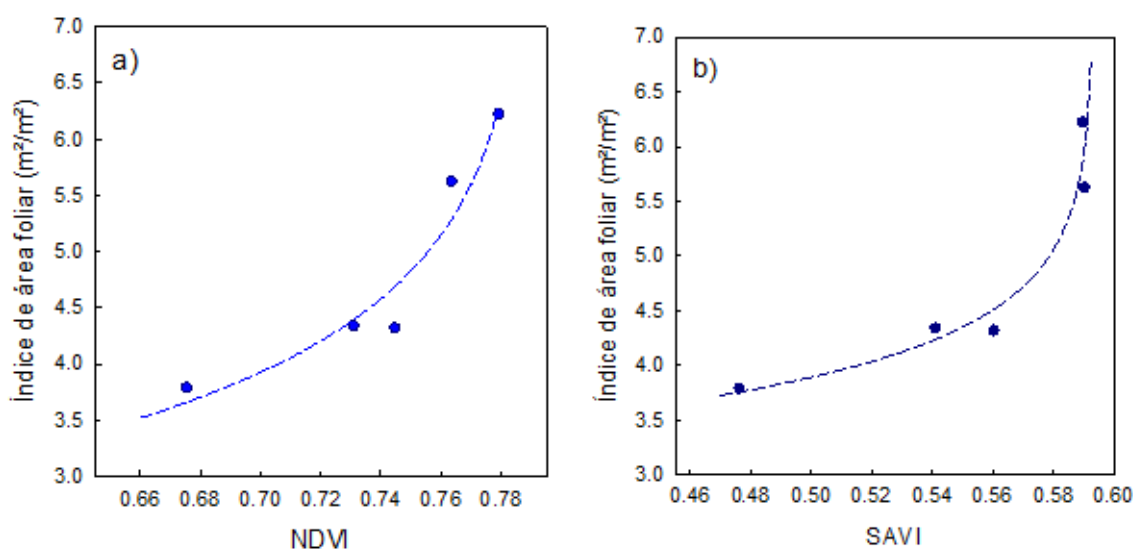


Figura 4 - Índice de área foliar (m^2/m^2) observada (ceptômetro) e curva ajustada em função a) do NDVI e b) SAVI obtidos com base em imagens Landsat 8 para área de pastagem.

A tendência foi de subestimativa do IAF com base nos dois índices de vegetação depois do ajuste para valores aproximadamente de $5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ e de superestimativa para os valores maiores (Figura 5).

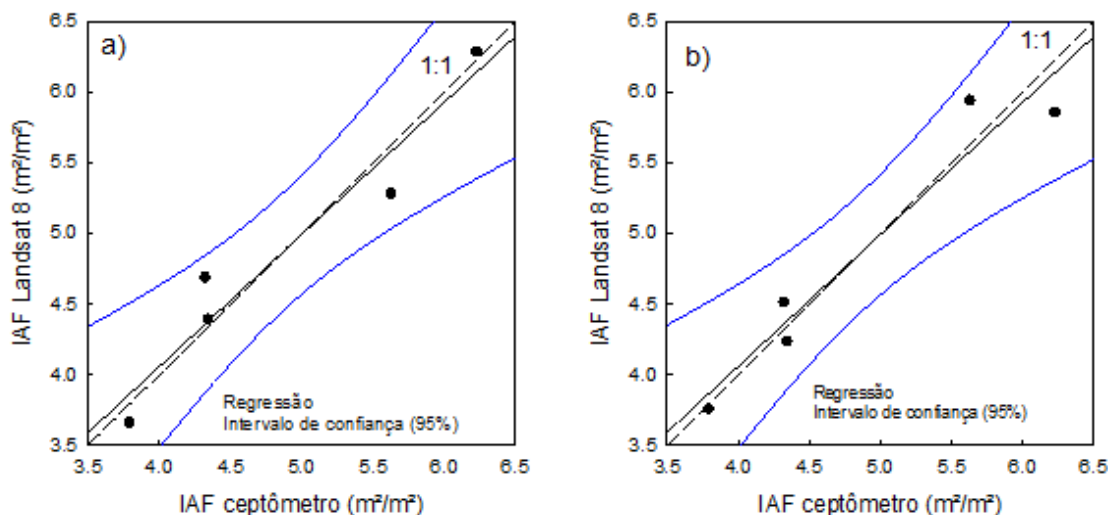


Figura 5 - Relação entre índice de área foliar (m^2/m^2) observada (ceptômetro) e estimado com base em imagem Landsat 8 em função do a) NDVI e b) SAVI ajustado para a área de pastagem.

Em estudo desenvolvido por Masemola et.al (2016) as imagens do Landsat 8 OLI apresentaram melhoria para a estimativa do IAF sobre o Landsat 7 ETM+, sendo útil ao monitoramento de pastagens. Todd et al. (1998) analisa a relação entre dados *in situ* e índices de vegetação, dados de biomassa de áreas de pastagem comparados linearmente aos índices de vegetação apresentaram coeficiente de determinação (r^2) entre 0,62 e 0,67, sendo inferiores aos obtidos no presente trabalho. Flynn et al. (2008) a fim de investigar a variabilidade da biomassa avaliou o potencial de aplicação do NDVI para atividades de manejo de pastagens e encontrou $r^2 = 0,68$. Baseado nos resultados encontrados por diferentes autores e os obtidos nesse trabalho é possível identificar relações entre índices de vegetação e biomassa, e salientar a viabilidade do uso de sensores remotos na análise de parâmetros biofísicos de pastagem, incluindo biomassa, qualidade, crescimento, degradação, bem como em atividades de gestão para mapeamento e monitoramento.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os modelos para estimativa do índice de área foliar em função de índices de vegetação obtidos por imagens de sensores orbitais (Landsat 8) precisam ser ajustados as condições de superfície para melhores estimativas.

Os índices de vegetação apresentam estimativas precisas e exatas para a área de pastagem na região metropolitana do Rio de Janeiro com dados Landsat 8-OLI, desde que os modelos tenham sido previamente ajustados em função de dados de superfície.

O NDVI e o SAVI tiveram sensibilidade para representar a satisfatoriamente a variação do índice de área foliar.

Em futuras análises o IAF pode ser estimado considerando a alteração do parâmetro L da equação do SAVI, testando-se diferentes valores de L.

Após o ajuste os modelos podem ser aplicados em análises referentes a distribuição espaço-temporal da pastagem.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental- UFRRJ e a FAPERJ pelos recursos na forma de diária para as atividades de campo. Ao USGS pelas imagens orbitais disponibilizadas por meio da plataforma online, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e a Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) pela disponibilidade da área e o apoio a condução do experimento.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. et al. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)—Advanced Training and Users Manual—Idaho Implementation (Version 1.0). **The Idaho Department of Water Resources: Boise, ID, USA**, 2002.

ALLEN, R. G. et al. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56; FAO: Rome, Italy, 1998; Volume 300, p.**D05109**.

EPIPHANIO, José CN et al. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FLYNN, E. Scott; DOUGHERTY, Charles T.; WENDROTH, Ole. Assessment of pasture biomass with the normalized difference vegetation index from active ground-based sensors. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 1, p. 114-121, 2008.

HUETE, Alfredo R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote sensing of environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Cobertura vegetal e uso da terra. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Coberturavegetaleusodaterra/index.htm&lang>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

JENSEN, John R.; EPIPHANIO, José Carlos Neves. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese, 2011.

JÚNIOR, LUIS GONZAGA MEDEIROS DE FIGUEREDO et al. Modelo para estimativa do índice de área foliar da cultura de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 01, 2010. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/123>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

MASEMOLA, Cecilia; CHO, Moses Azong; RAMOELO, Abel. Comparison of Landsat 8 OLI and Landsat 7 ETM+ for estimating grassland LAI using model inversion and spectral indices: case study of Mpumalanga, South Africa. **International Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 18, p. 4401-4419, 2016.

MORÉ, Jorge J. The Levenberg-Marquardt algorithm: implementation and theory, numerical analysis. **Lecture notes in mathematics 630**, p. 105-116, 1977.

QGIS DEVELOPMENT TEAM et al. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2015. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

ROUSE JR, J_W et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. 1974.

SANTOS, Marcela C. et al. Coeficiente de extinção da luz em dossel de tomate cereja cultivado em ambiente protegido. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, XVIII, Belém, Pará, 2013.

TODD, S. W.; HOFFER, R. M.; MILCHUNAS, D. G. Biomass estimation on grazed and ungrazed rangelands using spectral indices. **International journal of remote sensing**, v. 19, n. 3, p. 427-438, 1998.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

WILLMOTT CJ. On the validation of models. *Physical Geography* 2: p.184–194, 1981

ZANCHI, F. B. et al. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 2, p. 335-348, 2009.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS INTERPOLADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONVENCIONAIS (EMC) COM DADOS DA MISSÃO TRMM.

Alan Pereira da Silva Falcão Mendes¹; Grazieli Rodigheri¹; Marco Antonio de Oliveira¹; Samuel Gameiro¹; Felipe Cavallini Crespo¹
Autor para correspondência: alan.falcao@ufrgs.br

¹Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto - CEP SRM/UFRGS, Porto Alegre, RS.; ²Programa de Pós-Graduação em Geociências - Instituto de Geociências/UFRGS, Porto Alegre, RS.

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul possui uma ampla extensão territorial e uma rede de estações pluviométricas distribuída de forma esparsa e irregular, apresentando grandes distâncias de uma estação para outra. O uso de imagens obtidas pelo satélite TRMM pode agregar valor aos dados obtidos pelas estações pluviométricas e, também, melhorar a disponibilidade de dados pluviométricos para diversas regiões. Para a realização do trabalho foram utilizados dados de 15 estações convencionais e também o produto 3B43 - V7 da missão TRMM. Para a interpolação dos dados de chuva, foram utilizados os métodos Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW) e a Krigagem Ordinária (KO) processados em ambiente SIG. A validação cruzada coletando os valores dos pontos exatos onde existem EMC revelou que existe muita semelhança nos mesmos em estimar dados de precipitação em regiões não amostradas. Os dados interpolados apresentaram padrões similares para os dois métodos utilizados, mostrando a eficiência da modelagem de dados pluviométricos destes. Ambos os métodos apontaram bons estimadores de dados de precipitação em regiões não amostradas e um padrão bastante similar entre estes com as imagens de satélite, havendo, no geral, boa correlação entre os mapas de precipitação gerados.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Dados meteorológicos; Análise Espacial

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE INTERPOLATED DATA FROM THE WEATHER STATIONS (EMC) WITH TRMM MISSIONS DATA.

ABSTRACT

In the state of Rio Grande do Sul, it has a large territorial extension and with a network of offices totals in the spread of the scattered and irregularly shaped, exhibiting very large distances from one station to the next. Thus, the use of images obtained from satellite TRMM can add value to the data gathered by the stations, totals, and, also, to improve the availability of data on rainfall for the various regions. For the realization of this work were used the data of 15 stations in the conventional and also the product 3B43 - V7, the mission of TRMM. For the interpolation of the data for rainfall, we used the methods of the Inverse Distance Weighted (IDW) and the Kriging-Ordinary (KO) processed in a GIS environment. The cross-validation by gathering the values of the exact points where there are EMC proved that there is a lot of similarity in the same estimated rainfall data in areas not sampled. The interpolated data showed a similar pattern for the other two methods, showing the efficiency of the preparation of the data for rainfall of the latter. Both of these methods are pointed out and the good estimators for rainfall data in areas not sampled and the pattern is very similar between them with the satellite images, there is, in general, a good correlation between the maps of the precipitation that is generated.

KEY-WORDS: Remote Sensing; Meteorological data; Spatial Analysis

INTRODUÇÃO

Uma das principais dificuldades encontradas para estudos climáticos, sobretudo em um país de proporções continentais como o Brasil, está na existência de um conjunto de dados representativo e de qualidade (SANCHES, 2015). A rede de coleta de dados pluviométricos produz dados pontuais e restritos a área de abrangência das estações, o que muitas vezes pode levar ao uso inadequado dessas informações, como em uso de dados de estações fora de sua cobertura (REIS et al., 2005).

A baixa densidade de pluviômetros, a longa distância e a distribuição irregular das estações não permitem, devido ao seu caráter pontual, capturar a variabilidade espacial da precipitação pluvial, gerando incertezas nos resultados de diversos estudos aplicados no país (CAMPAROTTO et al., 2013).

No Brasil, a principal instituição responsável pela coleta e disponibilidade de dados meteorológicos é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que disponibiliza dados meteorológicos diários a partir do seu Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), obtidos da sua rede de Estações Meteorológicas Convencionais (EMC). Além disso, outras agências coletam e disponibilizam seus próprios conjuntos dados, como a Agência Nacional de Águas (ANA), que disponibiliza dados diários de seus postos de coleta, através da plataforma *Hidroweb* (ARAÚJO, 2016).

No que diz respeito ao Rio Grande do Sul, o estado possui uma ampla extensão territorial e uma rede de estações pluviométricas separadas entre si de forma esparsa e irregular, apresentando grandes distâncias de uma estação para outra. A distribuição destas estações e a forma como, muitas vezes, os dados são disponibilizados, prejudica estudos e aplicações dos dados. Sendo assim, muitos trabalhos têm focado no uso de produtos obtidos via sensoriamento remoto para estimar informações meteorológicas de forma ampla e precisa.

As estimativas de precipitação por meio de sensores remotos apresentam como vantagens: a periodicidade e coleta sistemática dos dados; frequência de amostragem superior ao das estações convencionais; e a disponibilidade de informações espacializadas (PAZ; COLLISCHONN, 2011). Entre estes está o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) capaz de obter dados pluviométricos nas regiões tropicais do planeta, por meio da utilização de micro-ondas e radar (MORAIS, 2014).

Em trabalho utilizando TRMM em regiões da África, Adeyewa e Nakamura (2003) mostraram-se confiáveis e de acordo com os dados medidos por pluviômetros, principalmente nas estações chuvosas.

No estudo de Adeyewa e Nakamura (2003), em regiões da África, os dados obtidos pela utilização de TRMM mostraram-se confiáveis e de acordo com os dados medidos por pluviômetros *in situ*, principalmente durante as estações chuvosas. Dessa forma, as imagens obtidas pelo satélite TRMM configuram-se como grandes aliadas aos dados obtidos pelas estações pluviométricas, pois aumentam a disponibilidade de informações para diversas regiões.

Considerando que os dados de sensoriamento remoto auxiliam na estimativa de valores de precipitação em regiões de dados inexistentes e, que esses dados devem ser validados para apresentarem resultados confiáveis, este estudo utilizará como ferramenta a associação de estimadores e interpoladores estatísticos para obter a validação dos dados utilizados.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é realizar uma análise comparativa entre dados de precipitação das EMCs interpolados por IDW e Krigagem, e dados obtidos pela missão TRMM para o ano de 2017.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área considerada para o estudo foi o estado do Rio Grande do Sul, localizado na região sul do país (Figura 01). O estado possui 43 estações automáticas e 18 convencionais, gerenciadas pelo INMET, totalizando 61 estações.

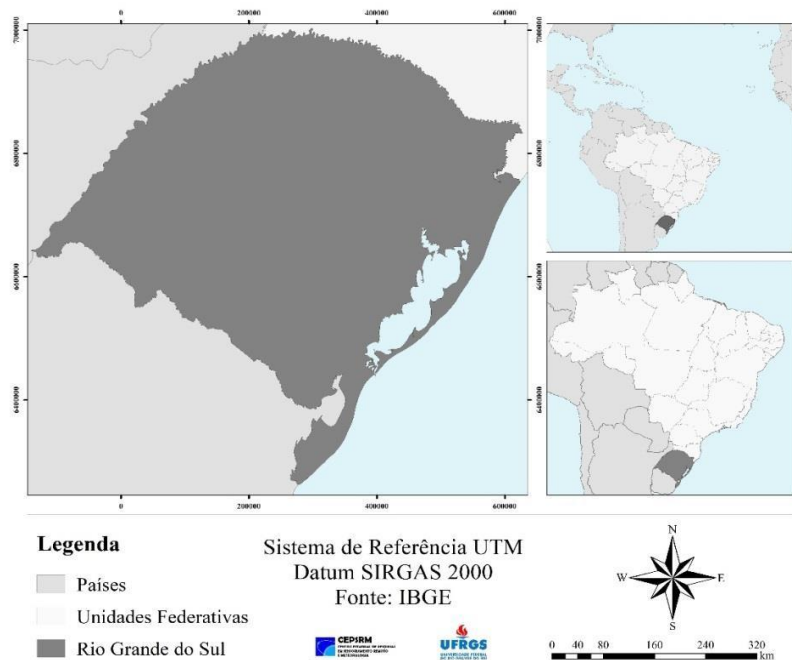


Figura 1: Mapa da área de estudo, com ampliação para o estado do RS.

Dados de precipitação das Estações Meteorológicas

Foram selecionadas 15 estações convencionais do total de 61 estações presentes no estado (Figura 02). A triagem das estações considerou a disponibilidade e consistência da série dos dados, bem como, uma distribuição espacial que possibilitou avaliar diferentes regiões do estado. Foram coletadas as coordenadas de cada estação, com seus respectivos dados pluviométricos, para o período de 01 de janeiro de 2017 a 31 de dezembro de 2017.

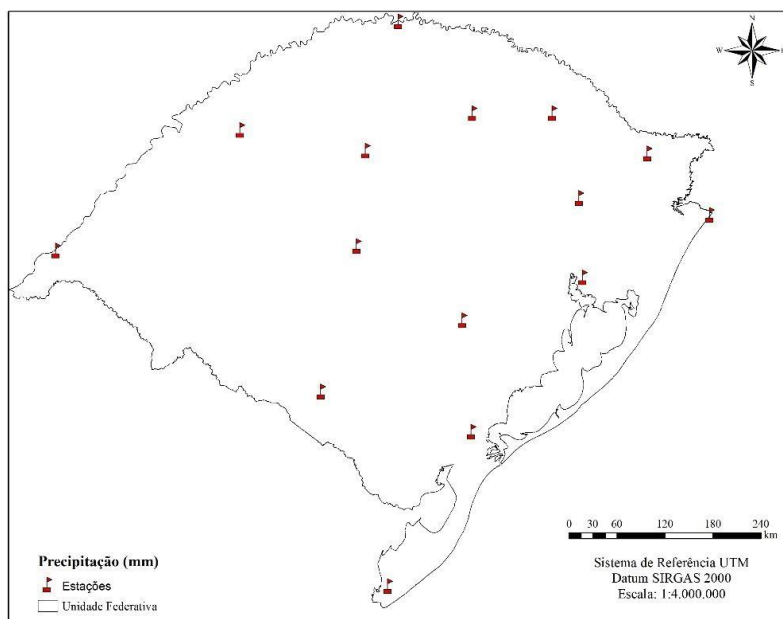


Figura 2: Localização das 15 Estações Meteorológicas Convencionais selecionadas para este estudo.

Interpolação de dados de precipitação pluvial

Para a interpolação dos dados de precipitação pluvial, foram escolhidos dois métodos usuais: a Ponderação do Inverso da Distância (IDW) e a Krigagem Ordinária. Para ambos, considerou-se as interpolações com o mínimo de 2 e o máximo de 5 EMCs, por conta do baixo número de estações disponíveis.

O método IDW é mais simples, necessitando apenas de poucos ajustes do usuário, enquanto que o método da Krigagem necessita de certos parâmetros, como a definição do modelo de semivariograma que melhor se ajuste a distribuição dos pontos amostrais. Para tanto, o modelo que mais se ajustou aos dados das estações foi o Gaussiano. Após a geração dos mapas, foi feita a suavização dos dados, para uma melhor comparação destes com os dados das imagens de satélite.

Dados de precipitação pluvial TRMM

Os dados TRMM foram adquiridos através do site <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>, disponibilizado diariamente pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA). O produto utilizado neste trabalho foi o 3B43 - V7, que apresenta resolução temporal mensal e resolução espacial de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$. Foram considerados critérios para escolha dos dados sua fácil manipulação e sua adequação para realizar a posterior comparação com dados mensais de estações meteorológicas.

Seleção dos pontos amostrais

Foi executada a extração automática do máximo de pontos, respeitando o espaçamento de 20 quilômetros (Figura 03), que compreende aproximadamente a resolução espacial do TRMM. Com este processamento, gerou-se 140 pontos amostrais aleatórios, nos quais obteve-se os valores de precipitação pluvial de cada interpolador e da imagem do satélite.

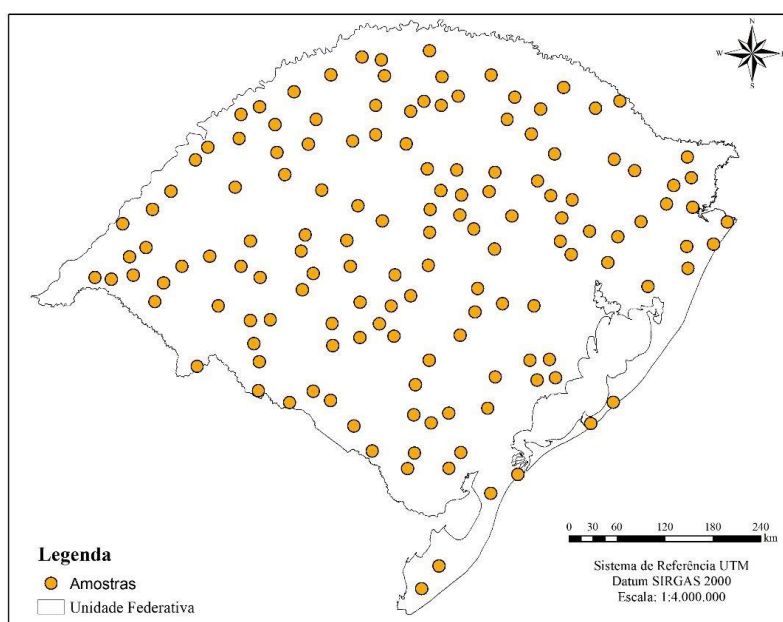


Figura 3: Pontos de amostragem de precipitação pluvial, distando no mínimo 20 km entre si, obtidos pela extração automática do máximo de pontos.

Por fim, para uma melhor avaliação dos métodos, foi realizada a validação cruzada entre os valores medidos e estimados pelos modelos e os resultados foram comparados entre si.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebe-se a variabilidade existente na distribuição de chuvas ao longo de todo o Rio Grande do Sul (Figura 04), sendo que as maiores quantidades de chuva estão localizadas na porção central do estado.

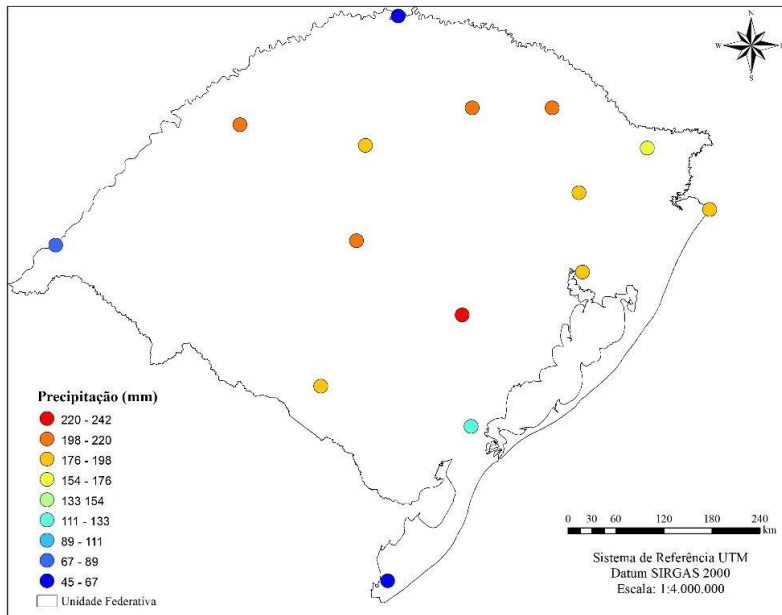
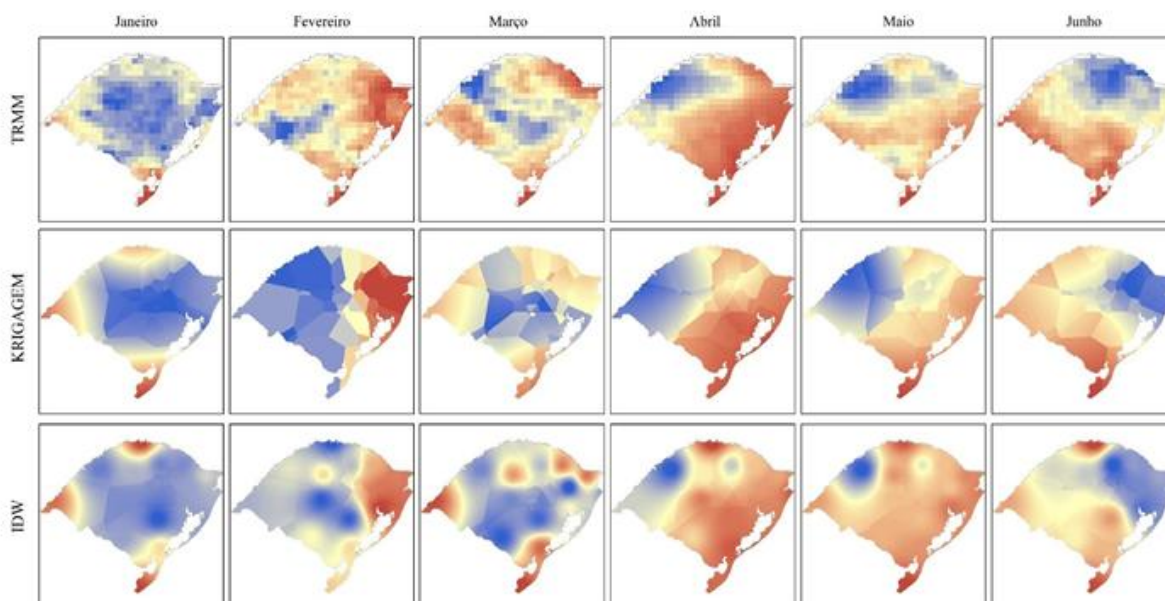


Figura 04. Distribuição da chuva nas Estações Meteorológicas Convencionais. Precipitações mínimas observadas entre 45-67 mm nos extremos sul e norte gaúchos, e máxima entre 220-242 mm na região central do estado.

Os dados interpolados apresentam padrões similares para os dois métodos utilizados, mostrando a eficiência da modelagem de dados pluviométricos destes interpoladores (Figura 05). Nota-se que o IDW possui um padrão mais circular, e uma tendência de formar agrupamentos, enquanto que o método da Krigagem apresenta tendências mais poligonais com regiões mais homogêneas.

Comparando os resultados dos interpoladores com a imagem de distribuição da precipitação pluvial do TRMM, observa-se que o comportamento é similar. Em alguns meses, as observações se aproximam melhor ao método IDW e em outros, se adequam melhor ao método de Krigagem. Vale ressaltar que a área de estudo apresenta grandes dimensões, e dessa forma, alguns locais podem apresentar um melhor ajuste com a utilização de modelos diferentes.



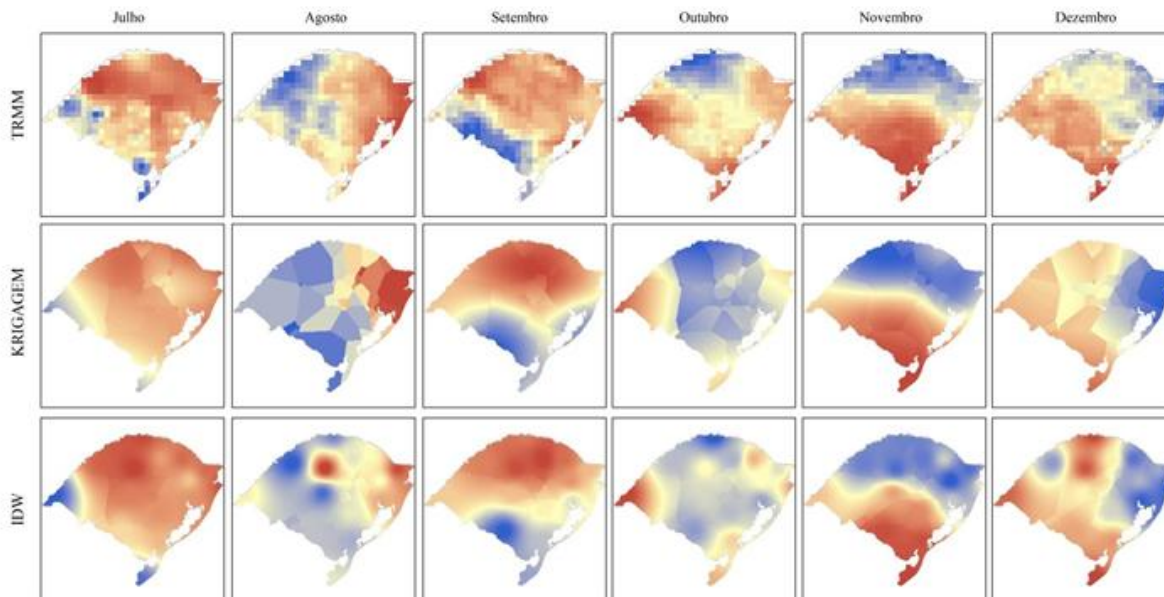


Figura 5: Resultados de interpolações para os meses de janeiro a dezembro, para os métodos de TRMM, Krigagem e IDW.

A validação cruzada, utilizando os valores dos pontos das Estações Meteorológicas Convencionais (EMCs) e dos interpolados, apresentou semelhança nas estimativas de precipitação pluvial (Figura 06). A Krigagem apresentou um coeficiente de determinação 0.81 e erro médio 1.05, indicando que o modelo consegue explicar bem os valores observados. O IDW atribuiu o mesmo valor que foi fornecido pelas estações, conseguindo assim o R^2 máximo nesse teste. Já o TRMM apresentou o menor valor, sugerindo que naqueles pontos exatos, os dados diferem muito do que foi medido *in situ* pela estação.

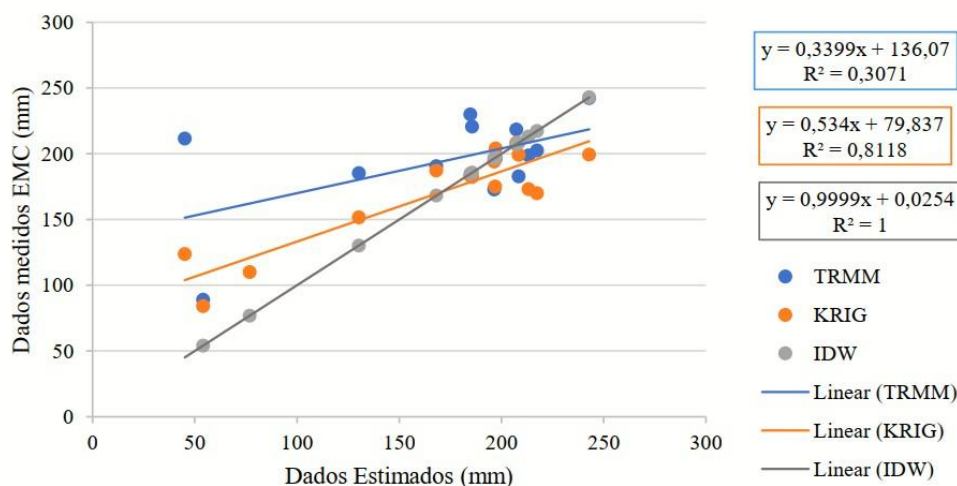


Figura 6: Validação cruzada entre dados medidos nas EMCs vs. dados estimados por interpolação para o mês de janeiro de 2017.

Para analisar o comportamento dos dados interpolados, foi realizada uma comparação entre os interpoladores versus dados estimados por satélites, utilizando os pontos amostrais aleatórios para os meses com padrões de visualização semelhante (Figura 07). É possível observar a dinâmica dos dados interpolados ao longo do tempo.

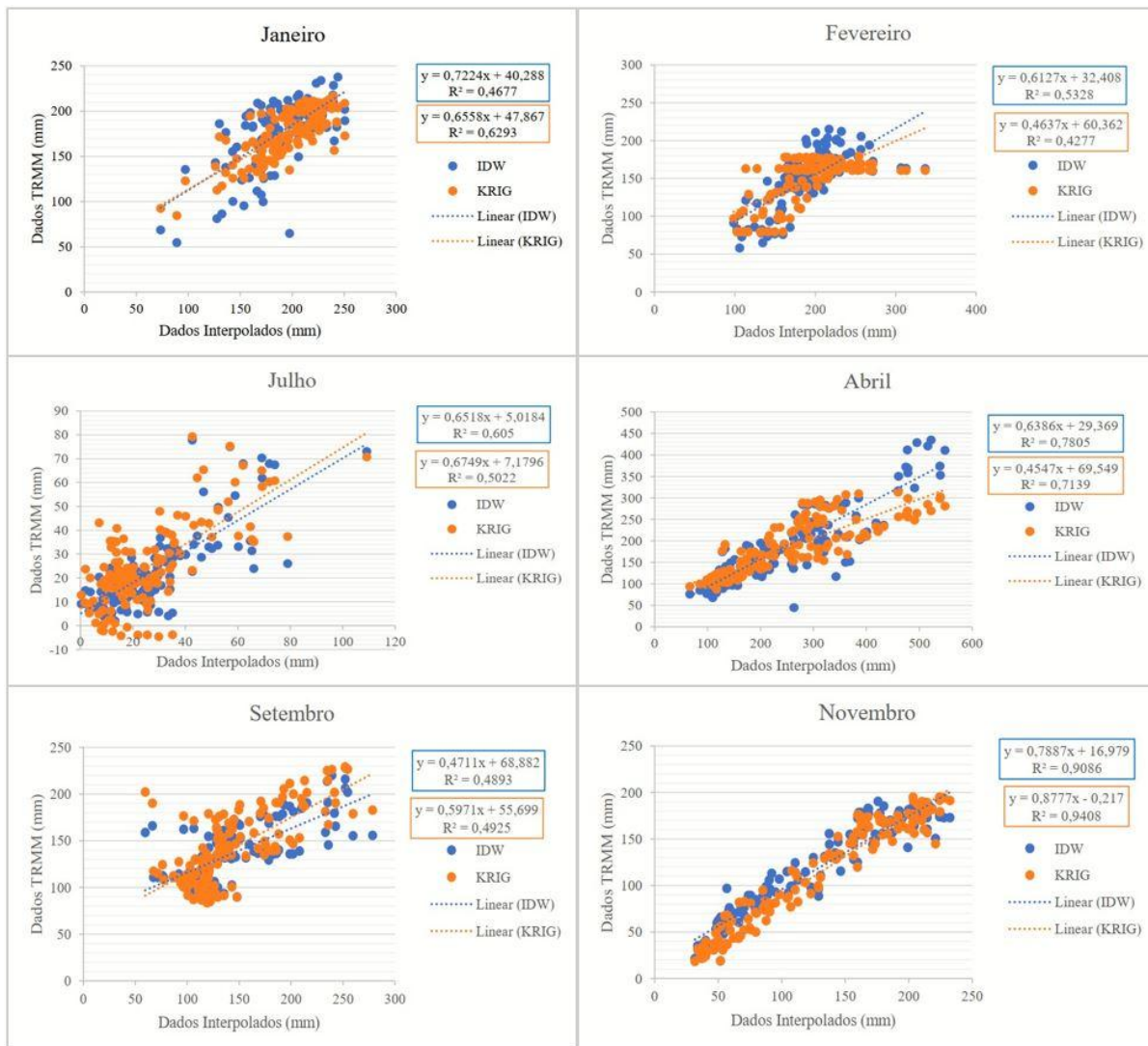


Figura 7: Correlação linear entre os interpoladores IDW e Krigagem Interpoladores (eixo x) vs. comparação entre dados TRMM (eixo y), para 6 diferentes meses de 2017.

Os modelos IDW e Krigagem apresentaram correlações (R^2) semelhantes entre si para a maioria dos meses, demonstrando que ambos apresentam respostas similares para estimar dados de precipitação pluvial. Os meses de abril e novembro foram identificados como os que tiveram resultados mais satisfatórios. Dessa forma, configura-se a hipótese de que os modelos se ajustam melhor em determinadas regiões conforme a época do ano.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os métodos testados neste trabalho demonstram bom ajuste na modelagem dos dados de precipitação pluvial das EMCs, mostrando-se satisfatórios. A validação cruzada, entre os dados estimados e os dados obtidos em campo, apresenta melhor resultado com as interpolações, por serem gerados com base nas EMCs. Já os dados de TRMM demonstram menor correlação, em consequência de que seus valores correspondem a uma média do pixel da imagem.

Destaca-se que a área escolhida, por ser de grande extensão, apresenta diferenças significativas entre as regiões e épocas do ano. Durante este estudo, levanta-se a hipótese de que os modelos se ajustam melhor em determinadas regiões conforme a época do ano. Sendo assim, surge a necessidade de se efetuar uma análise mais aprofundada dos métodos e seus algoritmos, para um melhor entendimento da variação dos dados amostrados para os estimados. Por fim, tais conhecimentos fornecem base para um melhor entendimento do comportamento de imagens TRMM.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AANJOS, R. S.; CANDEIAS, A. L. B.; NÓBREGA, R. S. Mapeamento da precipitação estimada e observada no semiárido Pernambucano e sua relação com a modelagem de dados espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 3, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44341>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

ADEYEWA, Z.D. AND K. NAKAMURA, 2003: Validation of TRMM Radar Rainfall Data over major climatic regions in Africa. **Journal Applied Meteorology and Climatology**, 42, 331–347, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2003\)042<0331:VOTRRD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2003)042<0331:VOTRRD>2.0.CO;2)> Acesso em: 15 mai. 2019.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no estado de Goiás. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascihumansoc.v33i2.13815>> Acesso em: 10 mai. 2019.

ARAÚJO, S.R.; SANCHES, F.; FERREIRA, R.V. Validação dos dados pluviométricos do satélite TRMM para Uberaba-MG. In. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia-Brasil, 2016**. Disponível em: <[http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_6/trabalho%20\(32\).pdf](http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_6/trabalho%20(32).pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2019.

CAMPAROTTO, L.B.; BLAIN, G.C.; GIAROLLA, A.; ADAMI, M.; CAMARGO, M.B.P. Validação de dados Termoplométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.665 -671, 2013. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n06/v17n06a13.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CARVALHO, J.R.P. de; ASSAD, E.D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.377-384,2005. Disponível em: <DOI: 10.1590/S0100-69162005000200011>. Acesso em: 15 mar. 2019.

MORAIS, L. B. de; Banco de dados pluviométricos integrados por dados da plataforma TRMM e estações pluviométricas nos estados de Goiás e Distrito Federal. Dissertação (**Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente**). Universidade Federal de Goiás - GO, Brasil, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4775>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

REIS, M.H.; GRIEBELER, N.P.; SARMENTO, P.H.L.; OLIVEIRA, L.F.C.; OLIVEIRA, J.M. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. In **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, 2005**. Disponível em: <<http://martel.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.04.36/doc/229.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2019

SANCHES, F.O. O Geógrafo-Climatologista e as mudanças climáticas: uma proposta metodológica. **Revista Equador**, v. 4, p. 101-118, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/viewFile/3643/2119>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

PAZ, A.R.; COLLINSCHONN, W. Avaliação de estimativas de campos de precipitação para modelagem hidrológica distribuída. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n.1, p. 109-120, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n1/a10v26n1.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

ANÁLISE DO DESMATAMENTO NO ENTORNO DA RODOVIA BR-317 ENTRE ASSIS BRASIL E XAPURI NO ACRE.

Edelin Jean Milien¹; Karla da Silva Rocha¹
Autor para correspondência: ejeanmilien@gmail.com

¹Universidade Federal do Acre

RESUMO

As estradas têm um papel importante para o desenvolvimento global. Porém, a implementação de redes rodoviárias ao redor do mundo pode provocar mudanças ambientais significativas. A floresta Amazônica vem sofrendo ao longo do tempo grandes desafios com relação ao aumento das taxas de desmatamento. Assim, este artigo avaliou o desmatamento no Acre, entre Assis Brasil e Xapuri e também comparou duas fontes de dados Hansen e Prodes. Levou-se em consideração um Buffer de 20 km da rodovia BR-317 entre o período de 2001 a 2017. O desmatamento acumulado foi de 57.808,00 ha para Prodes, e 92.463,00 ha para Hansen, ou seja, 13,76 e 22,01 % da área total respectivamente. Resultados mostram uma dinâmica da perda da cobertura florestal flutuante para as duas fontes de dados no período temporal estudado. Foi observado que para os anos de 2003 e 2005 resultados foram bastante diferentes, observou-se uma inversão nos valores para cada fonte. Em 2003, a perda florestal de Prodes foi três vezes maior que de Hansen, já em 2005, Hansen apresentou taxas duas vezes maior que Prodes/INPE. Também houve uma redução na taxa de desmatamento entre os anos de 2006 a 2009 na área de estudo voltando a crescer em 2009. De acordo com os resultados obtidos podemos concluir que, existem diferenças significativas entre as taxas de incrementos de desmatamento produzidas pelas duas fontes de monitoramento para o período temporal e espacial estudado e que as diferenças estão associadas às definições distintas sobre o que cada fonte considera desmatamento.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento; Ecologia da estrada; Sensoriamento Remoto

DEFORESTATION ANALYSIS IN THE HIGHWAY BR-317 BETWEEN ASSIS BRASIL AND XAPURI IN ACRE

ABSTRACT

Roads have an important role for global development. However, the implementation of road networks around the world can lead to significant environmental changes. The Amazon rainforest has been facing great challenges over the years in relation to the increase in deforestation rates. Thus, this paper evaluated deforestation in Acre between Assis Brasil and Xapuri and also compared two Hansen and Prodes data sources. A 20 km buffer of the BR-317 highway was considered for the period from 2001 to 2017. Cumulative deforestation was 57.808,00 ha for Prodes and 92.463,00 ha for Hansen, or 13.76 % for 22, 01 % of the total area respectively. Results show the dynamic of forest cover loss is floating for the both data sources in the studied period. It was possible to observe that for the years 2003 and 2005 results were quite different, an inversion was observed in the values ??for each source. In 2003, Prodes' loss of forest was three times greater than that of Hansen, as early as 2005, Hansen presented rates twice as high as Prodes / INPE. There was also a reduction in the rate of deforestation between the years 2006 to 2009 in the study area and again growing in 2009. According to the results obtained we can conclude that there are significant differences between the rates of deforestation increases produced by the two sources of monitoring for the studied temporal and spatial period and that the differences are associated with different definitions of what each source considers deforestation.

KEY-WORDS: Deforestation; Road Ecology; Remote Sensing

INTRODUÇÃO

O número e a extensão das estradas estão expandindo globalmente, devido o crescimento populacional e urbanização. Estes elementos provocam a abertura de novos espaços geográficos, levando assim, a abertura de pelo menos 25 milhões de quilômetros de novas estradas até 2050. Estima-se ainda que, aproximadamente 90% de toda a construção de estradas, ocorreram em nações em desenvolvimento (Laurance et al., 2014). Nesse contexto, a implementação de redes rodoviárias ao redor do mundo, podem ser responsáveis por mudanças socioeconômicas e ambientais significativas, mudanças estas que terão impactos negativos sobre as espécies que vivem nas proximidades das rodovias (Lisboa, 2003).

Na Amazônia, por exemplo, novas rodovias foram construídas como parte de políticas públicas para o desenvolvimento da fronteira. Essas políticas tinham como meta a exploração econômica da Amazônia, a qual era tida como um depósito de recursos para o desenvolvimento nacional. As rodovias facilitam a exportação de recursos, apresentando melhorias de acesso para os produtores, áreas turísticas e ainda incentiva a distribuição de renda e o desenvolvimento social (Perz et al., 2007), as mesmas também favoreceram as frentes migratórias e a colonização. Mas, além desses pontos positivos, as estradas são consideradas como elementos que trazem impactos negativos para a cobertura florestal, tanto em escala espacial como temporal (Forman, 1998).

Entre os impactos negativos das rodovias, podemos destacar o aumento nas taxas de desmatamento. De acordo com dados do INPE (2018) a taxa de desmatamento na Amazônia mostra a gravidade da degradação da paisagem, chegando a uma perda de 150.937 km² de floresta, no período temporal entre os anos de 2004 a 2018. O estado do Acre, onde está localizada a área de estudo, colaborou com 3,35 % da perda da cobertura florestal registrada. Pesquisas mostram ainda que a evolução do desmatamento na maior parte ocorreu nas proximidades e/ ou nas margens das estradas (Barber *et al.* 2014, Rocha *et al.* 2013).

O desmatamento e a queima de biomassa causaram mudanças significativas, impactando diretamente as vias hidrográficas, o que chega a afetar o fornecimento de energia. Além disso, diminui a capacidade de absorção de carbono, pela floresta e ainda causa degradação dos macros e micronutrientes do solo. Assim, a floresta é importante para a reciclagem do vapor de água, através da evapotranspiração durante o ano todo, contribuindo assim para o aumento da precipitação das chuvas e para sua própria manutenção (Carlos A. Nobre 2002).

Porém, ao longo do tempo as teleconexões nos padrões de circulação atmosférica global, causadas pela interação oceano-atmosfera, afetam a hidrologia de certas regiões, particularmente nos trópicos, através de diferentes eventos, notadamente o El Niño (Nijssen et al. 2001). O ciclo hidrológico na Amazônia tem sido afetado pelo desmatamento e mudanças climáticas. Estas alterações alteram a frequência das inundações e causam secas severas e mais frequentes num período de tempo sazonal e interanual. A diminuição da precipitação durante a estação seca, o impacto das mudanças climáticas no regime hidrológico da Amazônia está piorando dia a dia (Carlos et al., 2002).

Assim, esta pesquisa, incita na avaliação de duas fontes que fazem o monitoramento do desmatamento, uma vez que diferentes estimativas são produzidas levando em consideração diferentes procedimentos metodológicos. A primeira fonte utilizada foi a do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) através do projeto de monitoramento da Amazônia por meio de satélite (Prodes), considerada fonte oficial de desmatamento no Brasil e a segunda fonte utilizada foi a do projeto Global Forest Change (GFC) da Universidade de Maryland (Hansen et al., 2013).

Neste sentido, esta pesquisa teve como foco avaliar o desmatamento em um recorte espacial ao longo da rodovia interoceânica BR-317 entre Assis Brasil à Xapuri no período de 2001 a 2017. Procurou-se responder as seguintes perguntas: como está a evolução do desmatamento ao longo da rodovia interoceânica BR-317

entre os municípios de Assis Brasil à Xapuri no período temporal de 2001 a 2017? Existem diferenças significativas entre as taxas de desmatamento produzidas por Prodes e Hansen para o recorte espacial estudado? Para responder estas perguntas, fez-se uso das técnicas do sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica. Técnicas estas que permitem obter informações de uma determinada área geográfica sem ter contato direto com ela, de forma rápida, com precisão e baixo custo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

- Avaliar a evolução do desflorestamento ao longo da rodovia interoceânica BR-317 entre os municípios Assis Brasil e Xapuri a sudoeste do Acre;
- Avaliar se existem diferenças significantes para os dados de Hansen/GFC e Prodes/INPE.

MATERIAIS E MÉTODOS

AREA DE ESTUDO

A área de estudo é um trecho de 224km da rodovia interoceânica BR-317 que está localizada na região sudeste do estado do Acre e abrange parte dos territórios dos municípios Assis Brasil, Brasiléia, Epitaciolândia e Xapuri. Representando uma superfície total de 14.142 km². Nesse sentido, foi considerada uma faixa de influência de 20km seja 10km de cada lado da rodovia (Figura1).

Figura1: Mapa de área de estudo

Coleta de dados

Foram utilizados dados de desmatamento do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Prodes) obtidos através do site: <http://www.inpe.br/> e dados do projeto de Mudança Florestal Global (Global Forest Change – GFC) da Universidade de Maryland (Hansen et al., 2013) <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest> (Figura2). Os dados utilizados são referentes ao período temporal de 2001 a 2017.

Também foram utilizados dados vetoriais dos limites municipais e estradas, os quais foram adquiridos do Zoneamento Ecológico do Estado do Acre – ZEE, estes dados foram de grande importância para auxiliar nas análises e delimitação espacial da área de estudo.

Processamento de dados

Para analisar a evolução do desflorestamento no trecho da BR-317 que liga os municípios de Assis Brasil à Xapuri e realizar a comparação de dados entre as duas fontes de monitoramento de desmatamento, Prodes e Hansen, foi utilizado o software QGIS versão 2.18 (**Figura 2**). O QGIS foi de suma importância para a montagem do banco de dados, manipulação e análise.

Após montagem do banco de dados, foram extraídos incrementos de desmatamento para cada ano em análise de 2001 a 2017. Em seguida, estes dados foram cruzados com o trecho da BR-317, entre Assis Brasil e Xapuri em um buffer de 20 km, ou seja, 10 km para cada lado da margem da rodovia. Os dados vetoriais dos limites municipais e rodovias utilizadas foram imprescindíveis para delimitar o recorte espacial da área de estudo.

Também foram realizadas análises estatísticas para averiguar se haveria diferença entre os dados dos projetos, Prodes e Hansen, utilizando o teste de Wilcoxon, de comparação de médias.

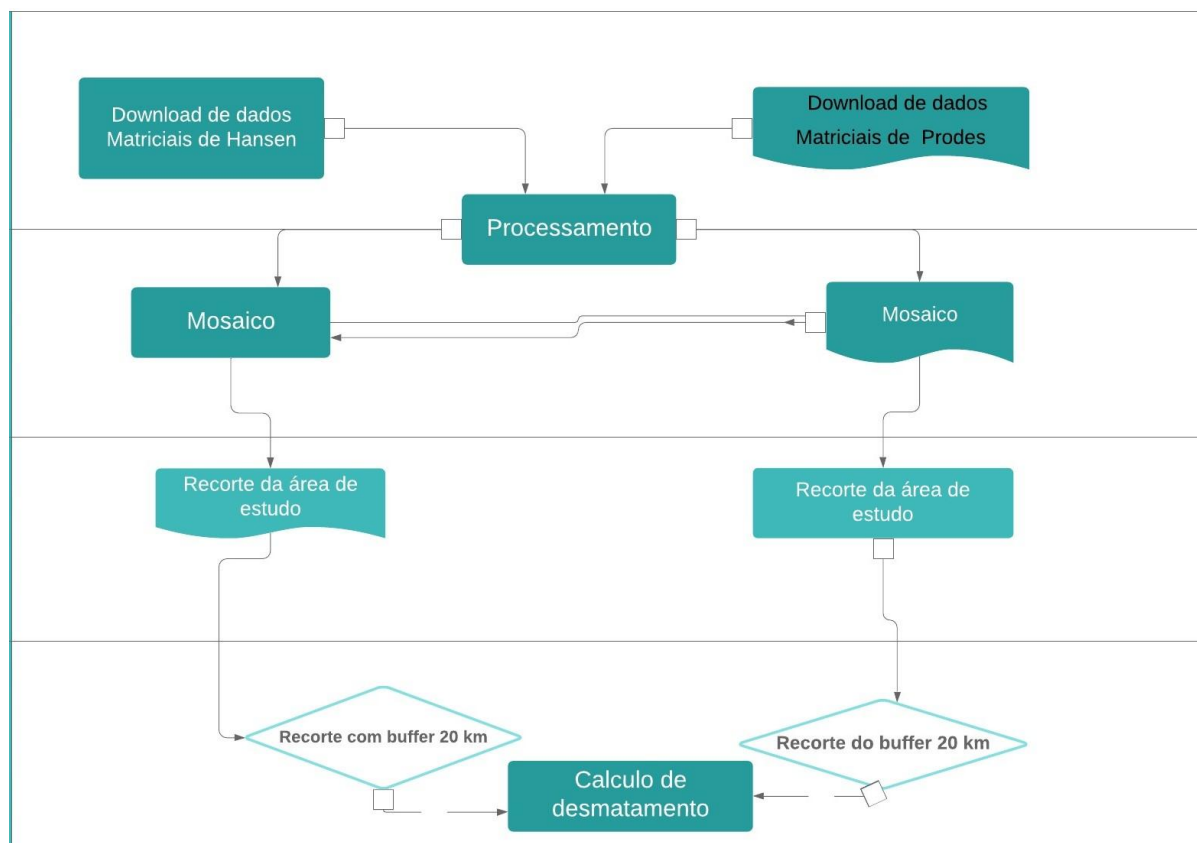


Figura2: Fluxograma de montagem do banco de dados

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise do desmatamento ao longo da rodovia interoceânica BR-317 mostraram que o desmatamento cumulativo para o período temporal de 2001 a 2017, para Prodes/INPE foi de 57.808,00 ha, enquanto para Hansen/GFC foi de 99.918,03 ha, correspondendo respectivamente a 13,76 e 22,01 % de perda da cobertura florestal original para o mesmo recorte espacial e temporal equivalente a 420.101,78 ha. Essa perda está relacionada com as consequências das atividades antrópicas e o aumento da pecuária registrado no estado (Flúvio et al., 2018).

Segundo Nobre (2001), o desmatamento e as mudanças climáticas globais reduzem as chuvas na Amazônia. Isso aumenta enormemente a vulnerabilidade dos ecossistemas amazônicos ao fogo, levando à redução de espécies que tem menos tolerantes à seca e pode até levar à "savanização" de partes da Amazônia.

A **Tabela 1** mostra o incremento anual de desmatamento para as duas fontes analisadas e descreve o percentual da área desmatada em relação a área total. Dois períodos se destacaram com valores bastante diferentes, o ano de 2003 e 2005. No ano de 2003, o projeto Prodes mostrou uma perda florestal três vezes maior que Hansen, ou seja, apresentando uma taxa de 12.527,00 ha equivalente a 2,98 % da área total, enquanto a taxa desmatada encontrada nos dados do projeto Hansen, para o mesmo ano, foi muito mais baixo, ou seja, de 4.051,00 ha equivalente a 0,96 %. Porém, para o ano 2005, observou-se uma inversão nos valores para cada fonte. Onde a área desmatada foi 6.024,00 ha para o método utilizado por Prodes e 17.011,00 ha para o método utilizado por Hansen, ou seja, Hansen apresentou taxas duas vezes maior que INPE.

TABELA 1. Distribuição do desmatamento no buffer de 20km da rodovia BR-317 entre Assis Brasil à Xapuri, Acre, Brasil, 2001-2017.

Hansen/GFC 2001-2017				Prodes/INPE 2001-2017		
	Área total recortada: 420.101,78 ha					
Ano	Desmatamento (ha)	Taxa Desmata (%)	percentual / ano	Desmatamento (ha)	Taxa Desmata (%)	percentual / ano
2001	7.137,00	1,70	7,72	8.220,00	1,96	14,22
2002	6.927,00	1,65	7,49	6.872,00	1,64	11,89
2003	4.051,00	0,96	4,38	12.517,00	2,98	21,65
2004	7.024,00	1,67	7,60	4.720,00	1,12	8,16
2005	17.011,00	4,05	18,40	6.024,00	1,43	10,42
2006	2.142,00	0,51	2,32	801,00	0,19	1,39
2007	1.726,00	0,41	1,87	584,00	0,14	1,01
2008	1.615,00	0,38	1,75	1.879,21	0,45	3,25
2009	1.903,00	0,45	2,06	976,95	0,23	1,69
2010	3.259,00	0,78	3,52	1.338,35	0,32	2,32
2011	3.394,00	0,81	3,67	1.459,23	0,35	2,52
2012	4.772,00	1,14	5,16	1.960,03	0,47	3,39
2013	4.739,00	1,13	5,13	1.542,11	0,37	2,67
2014	5.234,00	1,25	5,66	2.941,62	0,70	5,09
2015	4.079,00	0,97	4,41	2.269,44	0,54	3,93
2016	8.903,00	2,12	9,63	1.685,73	0,40	2,92
2017	8.547,00	2,03	9,24	2.017,11	0,48	3,49
Total	92.463,00	22,01	100,00	57.808,00	13,76	100,00

De acordo com pesquisas já realizadas no Acre, os anos de 2005 e 2010 foram considerados os anos mais secos e conseqüentemente período onde ocorreram grandes incêndios florestais. Segundo (Souza, 2017), estes incêndios representaram área de floresta afetada pelo fogo de 471.000 ha. Portanto, as diferenças encontradas entre as fontes analisadas podem ser decorrentes a este fenômeno de seca prolongada ocorrente no estado do Acre neste período. Neste contexto, incêndios florestais para Hansen são considerados nos cálculos de polígonos de desmatamento, enquanto INPE considera como desmatamento apenas áreas de floresta que estão sendo abertas pela primeira vez e não polígonos de florestas afetados por fogo. (Richards *et al.* 2017) também encontraram resultados semelhantes mostrando que as medidas diferentes entre as fontes se explicam em função das definições do que é considerado desmatamento para cada fonte.

Tais resultados foram testados estatisticamente pelo teste de Wilcoxon, mostrando que há diferenças significativas entre as estimativas de desmatamento total utilizadas pelas duas fontes, o qual apresentou um valor de $p = 2,51\%$, ou seja, ao nível significativo de 5% de probabilidade de erro", o valor-p é significativo.

Alem das definições do que é considerado dematamento para cada fonte, outro fator que pode estar contribuindo para as diferenças das taxas de desmatamento entre as fontes é o tamanho do pixel utilizado.

Apesar de Hansen apresentar maiores taxas que o Inpe para quase todo o período analisado, é possível observar através da **Figura 3** que a dinâmica da perda da cobertura floresta é flutuante para as duas fontes e segue o mesmo padrão. Porém, entre os anos 2015-2017, Hansen apresentou um aumento no incremento quando comparado com dados de Prodes. Também foi possível observar que a maior perda na cobertura florestal aconteceu entre 2001 a 2005. Esta perda da cobertura floresta neste período coincide com Iniciativa de Integração Regional Sul-Americana (IIRSA) a qual introduziu grandes projetos de infraestrutura na região. Entre estes projetos estava a pavimentação da rodovia federal BR-317 (Morena, Mariama 2009), foco de estudo deste projeto. Considerada o primeiro eixo multinacional que promove a integração sul-americana (Viana, Jorge 2009), a BR-317 promove o movimento de pessoas, o turismo e o comércio bilateral entre o Brasil e o Peru (Perz et al 2007).

Figura4: Incremento do desmatamento ao longo da rodovia BR-317 para os períodos de 2001-2017 entre os municípios Assis Brasil até Xapuri.

A **Figura 3** mostra ainda que entre os anos de 2006 a 2009 houve uma redução nas taxa de desmatamento na área de estudo voltando a crescer novamente em 2009. Este aumento nas taxas continuamente a partir de 2009 coincide com o período em que entra em vigor o novo Código Florestal Brasileiro (Lei n. ° 12.651, de 25 de maio de 2012) que revogou o Decreto Federal n. ° 6.514, de 22 de julho de 2008 ao oferecer anistia de multas aos desmatadores ilegais e retirar a obrigação de recuperar áreas com desmatamentos ilegais ocorridos até 2008.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A evolução do desmatamento para o período analisado mostra que a dinâmica da perda da cobertura florestal é flutuante para as duas fontes de dados no período temporal estudado.

A maior perda na cobertura florestal aconteceu entre os períodos de 2001 a 2005, porém, houve uma redução na taxa de desmatamento entre os anos de 2006 a 2009 na área de estudo voltando a crescer novamente em 2009.

Existe uma diferença significativa entre a taxa de incremento de desmatamento produzida pelas duas fontes de monitoramento para o período temporal e espacial estudado, mostrando um $p < 5\%$ de acordo com o teste de wilcoxon.

Diferenças encontradas podem ser decorrentes definições do que é considerado dematamento para cada fonte.

A utilização de várias fontes para contabilizar o desmatamento ao longo da rodovia BR-317 pode gerar confusão para políticas públicas no estado do Acre e em áreas protegidas que visam conter o avanço do desmatamento, a recuperação de passivos ambientais impostos pelo código florestal e recentemente para política de incentivo ao pagamento de serviços ambientais uma vez que as estimativas fornecidas pelas fontes apresentam resultados diferentes.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre - LAGEOP/UFAC pela estrutura física e logística, sem quais não seria possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Bager, A., & Rosa, C.A., 2012. Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil. **Rev. Bras. Ornitol.** 20, 2007. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Clarissa_Alves_da_Rosa/publication/236610590_Impcto_da_rodovia_BR392_sobre_comunidades_de_aves_no_extremo_sul_do_Brasil/links/00b7d5183efce0a90f000000.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2019.

Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Laurance, W.F., 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol. Conserv.* 177, 203–209. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000632071400264X>>. Acesso em: 29 mai. 2019.

Moran, E. F., and E. Brondizio. 1998. "Land-Use Change after Deforestation in Amazonia." In *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*, edited by D. Liverman, E. F. Moran, R. R. Rindfuss, and P. Stern, 94–120. Washington, DC: **National Academies Press**. Disponível em <<https://www.nap.edu/search/?rpp=20&ft=1&term=Moran%2C+E.+F.%2C+and+E.+Brondizio.+1998.+LandUse+Change+after+Deforestation+in+.+Amazonia.+In+People+and+Pixels+Linking+Remote+Sensing+and+Social+Science%2C+++++edited+by+D.+Liverman%2C+E.+F.+Moran%2C+R.+R.+Rindfuss%2C+and+P.+Stern%2C+94+120.+Washington%2C+DC+National+Academies+Press+>>>. Acesso em: 24 mai. 2019.

Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta amazônica**, 36(3), 395–400, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v36n3/v36n3a18>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

Flúvio de Sousa MASCARENHAS, Irving Foster BROWN, Sonaira Souza da Silva. Desmatamento e incêndios florestais transformando a realidade da Reserva Extrativista Chico Mendes. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** 2018. *9 48. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/58826>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FORMAN, R. T. T. Road ecology: A solution for the giant embracing us. **Landscape Ecology**, 13, 1998, Number 4, III-V. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1008036602639?LI=true>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

Hansen, M. C.; Potapov, P. V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S. A.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S. V.; Goetz, S. J.; Loveland, T. R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C. O.; Townshend, J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st Century Forest Cover Change. **Science**, 2013. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/342/6160/850>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

INPE/PRODES. Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite. Monitoring of the Brazilian Amazon Forest by satellite. **INPE**. 2018, Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

Laurance, W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O'Connell, C.S., Mueller, N.D., Goosem, M., Venter, O., Edwards, D.P., Phalan, B., Balmford, A., Van Der Ree, R., Arrea, I.B., 2014. A global strategy for road building. **Nature** 513, 229–232. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature13717>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

Nijssen, B., Schnur, R., & Lettenmaier, D. P. (2001). Global retrospective estimation of soil moisture using the variable infiltration capacity land surface model, 1980–93. **Journal of Climate**, 14(8), 1790-1808. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<1790:GREOSM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<1790:GREOSM>2.0.CO;2)>. em 26 julho 2019

NOBRE, C. A. (2002). Amazônia e o carbono atmosférico. **Scientific American Brasil**, 6, 36-39. Disponível em: <http://md-m09.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/md->

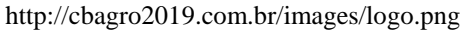
m09@80/2008/04.03.14.09/doc/amazonia%20e%20o%20carbono%20atmosf%E9rico.pdf. Acesso em 26 julho 2019

Perz, S. G., Overdeest, C., Caldas, M. M., Walker, R. T., & Arima, E. Y. (2007). Unofficial road building in the Brazilian Amazon: dilemmas and models for road governance. *Environmental Conservation*, **34(2)**, 112-121. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/unofficial-road-building-in-the-brazilian-amazon-dilemmas-and-models-for-road-governance/9DC04A2A1048C61A605AC39E538E037F>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

Richards, P.; Arima, E.; Vanwey, L.; Cohn, A.; Bhattarai, N. Are Brazil's Deforesters Avoiding Detection? *Conservation Letters*, 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/conl.12310>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

Rocha da Silva, K., Chavez, A., Marsik, M., & Perz, S.G., 2013. Image processing and land-cover change analysis in the tri-national frontier of Madre de Dios (Peru), Acre (Brazil), and Pando (Bolivia) -MAP: an increasing demand for data standar ... An. **XVI Simpósio Bras. Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Bras. 13 a 18 abril 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Karla_Rocha2/publication/264231048_Image_processing_and_land-cover_change_analysis_in_the_tri-national_frontier_of_Madre_de_Dios_Peru_Acre_Brazil_and_Pando_Bolivia_MAP_an_increasing_demand_for_data_standardization/links/53d281af0cf228d363e94495.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2019.

Sonaira Souza Da Silva, Philip Martin Fearnside, Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça, **DINÂMICA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ESTADO DO ACRE**, Tese de doutorado, **INPA** 2017. Disponível em: <<https://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/2386>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

	12 a 16 de agosto de 2019 | Catalão-GO Página de
---	--

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO NDVI DA ESPÉCIE EUCALIPTO ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT - 8 OLI/TIRS

Déborah Lídyia Alves Sales¹; Haroldo Edson Antunes Capelloza²
Autor para correspondência: deborahlidyasales@gmail.com

¹Faculdade Metropolitana de Anápolis FAMA; ²Faculdade Metropolitana de Anápolis FAMA

RESUMO

O índice de vegetação NDVI, é um produto do sensoriamento remoto que permite o monitoramento do crescimento e desenvolvimento da vegetação. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do índice de vegetação da espécie do *Eucalyptus teretocornis*, através de imagens do LANDSAT-8. A área de estudo foi em um plantio 422 ha, na região Dom Eliseu no Pará. As imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas entre os anos de 2016, 2017, 2018 e 2019. O cálculo feito para avaliação do NDVI foi realizado utilizando um *software* de processamento digital de imagens, em função da razão da refletância entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho com intuito de se obter os valores do NDVI durante os diferentes anos do *Eucalyptus teretocornis*. Assim, foi possível definir um valor de índice de vegetação para cada ano analisado descrevendo assim o comportamento típico da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: índice de vegetação; sensoriamento remoto; eucalyptus teretocornis

EVALUATION OF THE NDVI BEHAVIOR OF THE EUCALYPTUS SPECIES THROUGH LANDSAT IMAGES - 8 OLI/TIRS

ABSTRACT

The NDVI vegetation index is a remote sensing product that allows the monitoring of vegetation growth and development. The objective of this work was to analyze the behavior of the vegetation index of the *Eucalyptus teretocornis* species through LANDSAT-8 images. The study area was planted at 422 ha in the Dom Eliseu region of Pará. The images selected for the study were acquired between the years 2016, 2017, 2018 and 2019. The calculation made to evaluate the NDVI was performed using software of digital image processing as a function of the reflectance ratio between the near infrared and red bands in order to obtain NDVI values during the different years of *Eucalyptus teretocornis*. Thus, it was possible to define a vegetation index value for each year analyzed, thus describing the typical behavior of the crop.

KEY-WORDS: vegetation index; remote sensing; eucalyptus teretocornis

INTRODUÇÃO

No Brasil, o *Eucalyptus* foi introduzido por D. Pedro I, em 1825, que plantou mudas das espécies robusta e tereticornis no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Moura et al., 1980). A área plantada de eucalipto no Brasil é de aproximadamente 4,5 milhões de ha, correspondendo a 0,5% do território nacional. É a segunda maior nação com plantios dessa espécie (Almeida et. al, 2015).

Buscando uma melhor avaliação das condições da vegetação, técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente aplicadas á agricultura. Dentre as principais informações obtidas por meio do sensoriamento

remoto estão os índices de vegetação (NDVI). Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados onde busca relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada. Os índices de vegetação têm sido utilizados como indicadores da condição da vegetação.

Segundo Jensen (2009), eles se configuram como medidas radiométricas adimensionais, que indicam abundância relativa e a atividade da vegetação verde, sobretudo nas regiões do visível e do infravermelho próximo. De acordo com Almeida et al. (2005), os índices de vegetação, expressos em valor numérico, resultam da combinação de dois ou mais comprimentos de onda e permitem a detecção de presença e estado da vegetação em questão. Índices de vegetação apresentam boa relação com características fisiológicas e biofísicas da vegetação, como área foliar, fitomassa, anomalias, evapotranspiração, produtividade e condição hídrica (Leivas et al., 2011; Crusiol et al., 2012).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo analisar e interpretar o comportamento do índice de vegetação NDVI entre os anos de 2016, 2017, 2018 e 2019 da espécie de *Eucalyptus teretocornis* na região Dom Eliseu - PA através de imagens do Landsat-8 OLI/TIRS.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um plantio de *Eucalyptus teretocornis* de 422 ha na Fazenda Bela Vista, na região Dom Eliseu no Pará, entre as coordenadas 4°17'44.72''S e 47°33'9.69''O, e 240 m de altitude, no período de 2016, 2017, 2018 e 2019 entre o período de baixa pluviosidade, que vai junho a novembro.

A espécie utilizada foi *Eucalyptus teretocornis* o plantio foi realizado no dia 21/11/2015. O índice de vegetação empregado neste estudo foram obtidos a partir de produtos do satélite Landsat 8 OLI/TIRS com resolução espacial de 30 metros obtida gratuitamente no banco de imagens do *United States Geological Survey* USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) já ortorretificadas. O sensor OLI (Operational Land Imager) e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) medem a radiância espectral dos alvos e armazena-os na forma de níveis de cinza, com resolução espectral de 12 bits. A resolução espacial do sensor é de 30 m nas bandas 1 a 7 e 9, 15 m na banda 8 (pancromática) e de 100 m nas bandas 10 e 11 (canais termais). A resolução temporal (tempo de revisita) deste satélite é de 16 dias. . As imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas entre os anos de 2016 a 2019. As imagens foram processadas no software QGIS 2.18, onde realizou-se a obtenção dos valores de NDVI dos pixel da área estudada.

Este índice é definido por Asner e Townsend (2000) como uma métrica utilizada para detecção de mudanças relativas do “verdor” do dossel florestal, o qual é proporcional a absorção da radiação fotossinteticamente ativa fracional, funcionalmente dependente do índice de área foliar (IAF). Constitui-se em um dos índices de vegetação de maior difusão, com larga aplicabilidade em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos. O NDVI foi obtido a partir da equação(1) abaixo descrita:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} (1) \quad \text{Eq. (130)}$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no infravermelho próximo banda 5 do Landsat 8

V: valor de reflectância da banda no vermelho banda 4 do Landsat 8

Em seguida foram realizadas análises sobre o comportamento do NDVI durante o período estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores do comportamento espectral do NDVI entre os anos de 2016, 2017, 2018 e 2019. Onde no ano de 2016 aos 9 meses pós-plantio do *Eucalyptus teretocornis*, obteve-se o menor valor de NDVI (0,50). No ano de 2019 pós plantio de 3 anos e 8 meses do *Eucalyptus teretocornis* obteve-se o maior valor de NDVI (0,54), que resultou do aumento de sua biomassa.

Tabela 1: Valores do comportamento espectral do NDVI durante os estádios fenológicos estudado do *Eucalyptus teretocornis*

Pós Plantio	9 meses	1 ano e 8 meses	2 anos e 8 meses	3 anos e 8 meses
NDVI	0,50	0,52	0,53	0,54

Na figura 1 apresentam-se o perfil temporal médio de NDVI obtido para a espécie estudada. Verifica-se que a curva descreve o comportamento típico de cultura perene, Marsden et al. (2010) e Maire et al (2011a) observaram, para plantações de *Eucalyptus*, valores de NDVI tende a manter-se elevado no segundo ano e repete o pico do índice no terceiro e no máximo no quarto ano de plantio.

Os valores de NDVI encontrados neste trabalho mostra um crescimento dos índices de vegetação no desenvolvimento inicial das plantações devido que em florestas de rápido crescimento como do *Eucalyptus*, o NDVI supera a faixa de 0.5 já no segundo ano e repete o pico do índice no terceiro e no máximo no quarto ano de plantio (Marsden et al., 2010; Maire et al., 2011a).

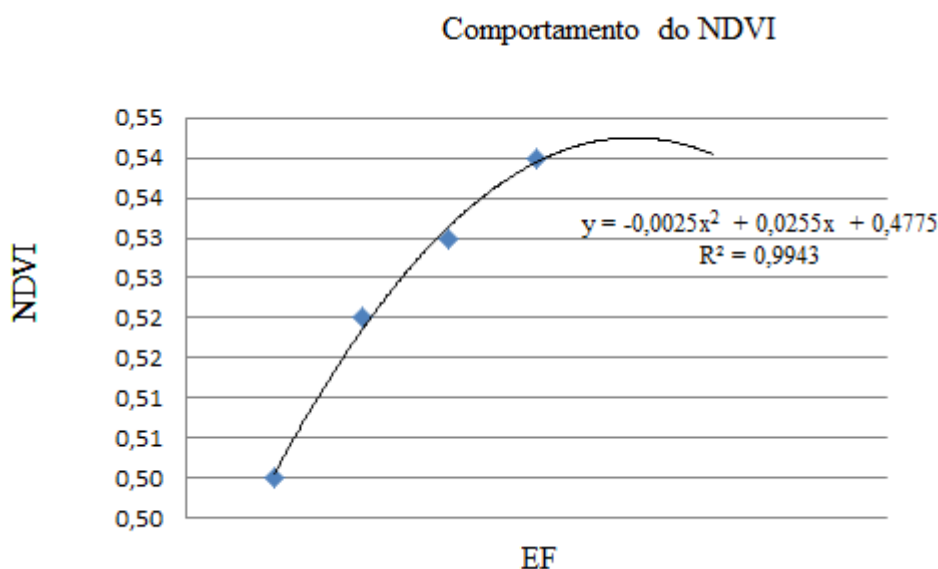


Figura 1. Perfil temporal de NDVI para cultivar estudada.

Observa-se, pela figura 1, o R-quadrado apresentou um valor equivalente a $R^2 = 0,99$ próximo de um, onde indica que condições às quais estiveram submetidos à avaliação do comportamento espectral do NDVI deste trabalho foi possível verificar que a curva descreve o comportamento típico de cultura perene, onde os valores de NDVI iniciam-se com valores altos, à medida que a planta cresce e aumenta a sua biomassa os valores aumenta podendo chegar até 0,9.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O trabalho atingiu o objetivo permitindo estudar o comportamento do NDVI do *Eucalyptus teretocornis* por meio de imagens de satélite LANDSAT-8 OLI/TIRS, mostrando assim o comportamento do NDVI típico para culturas perenes.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; DELGADO, R.C.; RODY, Y.P.; OLIVEIRA, A.S.; LEITE, F.P.; Índice de Área Foliar de Eucalyptus Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5. Revista Floresta e Ambiente ano 15, n. 22 p. 368-376. Disponível em: < <http://www.floram.org/>> . Acessado em: 30 de maio de 2019.

ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D. C.; MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H. Índices de vegetação para a cultura da soja em diferentes condições hídricas e de sistema de manejo do solo. In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto de Goiânia Goiás. Abr. 2005 pp. 17-24. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.17.02/doc/Indices.pdf>> . Acesso em: 30 de maio de 2019.

ASNER, G. P. & TOWNSEND, A. R. Satellite observation of El Niño effects on Amazon forest phenology and productivity. *Geophysical Research Letters*, 27: 981-984, 2000. Disponível em: < <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal>>. Acesso: 20 julh. 2019.

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. F. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; FARIAS, J. R. B. Influência do horário das medições nos valores de NDVI. In: VI Congresso Brasileiro de soja. Cuiabá, 2012. Brasília: Embrapa, 2012. Artigos, p. 82. ISBN 978-85-7035-056-5. Disponível em <www.cbsoja.com.br/anais/trabalhos/127_s323.pdf> Acesso em: 20 de maio de 2019.

JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.01.14.00/doc/jasen.pdf>>. Acesso: 25 julh 2019.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; NOGUEIRA, S. F.; BOLFE, É. L. Estimativa da evapotranspiração em áreas com diferentes características ambientais utilizando o algoritmo Sebal. In Anais XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55706/1/Janice-CBA.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

MAIRE, G.L.; MARDSEN, C.; VERHOEF, W.; PONZONI, F.J.; SEEN, D.L.; BEGUE, A.; STAPE, J.L.; NOUVELLON, Y. Leaf area index estimation with MODIS reflectance time series and model inversion during full rotations of Eucalyptus plantations. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, p. 586-599, 2011b. Disponível em: < <https://www.journal.elsevier.com/remote-sensing-of-environment>>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

MARDSEN, C.; Le MAIRE, G.; STAPE, J.L.; LO SEE, D.; ROUPSARD, O.; CABRAL, O.; EPRON, D.; LIMA, A.M.N.; NOUVELLON, Y.. Relating MODIS vegetation index time-series with structure, light absorption and stem production of fast-growing Eucalyptus plantations. *Forest Ecology and Management*, v. 259, n. 9, p. 1741- 1753, 2010. Disponível em: < <https://www.journals.elsevier.com/forest-ecology-and-management>>. Acesso em: 01 de junho de 2019.

ANÁLISE DE FOCOS DE CALOR E EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA, BRASIL

Ewelyn Regina Rocha Silva¹; Whesley Thiago dos Santos Lobato¹; João Vitor de Nóvoa Pinto¹; Júlio Cesar Vieira Frare¹; Denis de Pinho Sousa¹

Autor para correspondência: ewelynrocha@gmail.com

¹Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

Este trabalho analisa o número de focos de calor detectados pelo satélite AQUA (manhã e tarde) e o comportamento da evapotranspiração no município de Paragominas-PA no período de 2008 a 2018. Os dados climáticos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por meio dos quais foram calculados os valores da evapotranspiração. Os dados de focos de calor foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e utilizou-se em ambiente SIG o estimador de densidade Kernel. Os resultados mostraram que o número total de focos de calor foi de 533,89 focos, esse valor é referente ao campo princípio do Risco de Fogo. A quantidade máxima de pontos foi observada no mês de novembro, coincidindo com a temperatura média máxima registrada de 27,84 °C, entretanto a evapotranspiração 3,79 e 5,14 mm dia⁻¹. O número elevado de focos pode estar associado ao período seco da região, no segundo semestre.

PALAVRAS-CHAVE: Kernel; estimar; monitoramento

ANALYSIS OF HEAT FOCUSES AND EVAPOTRANSPIRATION IN THE MUNICIPALITY OF PARAGOMINAS-PA, BRAZIL

ABSTRACT

This work analyzed the number of hot flashes detected by the AQUA satellite (morning and afternoon) and the evapotranspiration behavior in the municipality of Paragominas-PA from 2008 to 2018. Climate data were captured by the National Institute of Meteorology (INMET) by which evapotranspiration values were calculated. The data of heat foci were obtained from the website of the National Institute for Space Research (INPE) and the Kernel density estimator was used in a GIS environment. The result was a total of 533.89 hot spots, this value is referenced to the Fire Hazard principle field. The maximum quality of points was observed in November, coinciding with the average of 27.84°C, however, an evapotranspiration of 3.79 and 5.14 mm day⁻¹. The number of outbreaks may be associated with the region's dry spell in the second half.

KEY-WORDS: Kernel; estimate; monitoring

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os extremos climáticos se mostraram como um dos maiores desafios da sociedade. Apesar de fazerem parte da dinâmica natural do sistema climático, os eventos extremos do clima podem estar se intensificando nos últimos anos devido à influência de possíveis mudanças climáticas (Baesso et al., 2011; Moraes et al., 2012).

Incêndios na vegetação são considerados em diversos estudos como sendo umas das principais ameaças à natureza, devido às mudanças que produz no ambiente, gerando consequências sobre o solo, a vegetação, a fauna e o ar atmosférico (MIRANDA et al., 1996). Essas queimadas podem ter origem natural, acidental ou criminosa e muitas vezes são iniciados em função de condições meteorológicas, tais como, falta de chuva, altas temperaturas e baixa umidade do ar.

O monitoramento do fogo em extensas áreas do globo terrestre e com análises em curto período de tempo tem sido possível com auxílio de produtos do sensoriamento remoto de alta resolução temporal. Segundo Gontijo (2011), os focos de calor são pontos geográficos captados por sensores espaciais na superfície do solo, quando detectado temperatura acima de 47°C e área mínima de 900 m². Essa detecção eficiente é fundamental para a viabilização do controle do fogo. O *Aqua Project Science* (AQUA) é um dos satélites projetados para monitorar vários tipos de fenômenos físicos referentes à circulação da energia, como por exemplo, focos de calor e da água na Terra.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Analisar o período com maior risco de queimadas, com base em focos de calor, e a perda de água por meio da evapotranspiração de referência, nos anos de 2008 a 2018, no município de Paragominas-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Paragominas, situado na região nordeste do estado do Pará. A sede do município localiza-se a 320 km da capital do estado. Segundo o IGBE, Paragominas ganhou destaque pela grande expansão do cultivo da soja, ficando em primeiro lugar do ranking de maior produção nos anos de 2008 a 2018.

Os dados climáticos da estação meteorológica automática foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A localização da estação é -2,990361° (latitude) e -47,407833° (longitude). Para o cálculo da evapotranspiração foi utilizado o método de Penman-Monteith. Este é um método descrito por Monteith (1965), que foi adaptado por Allen et al. (1989) para estimativa da evapotranspiração de referência na escala diária.

Foram utilizados dados de focos de calor (FC) provenientes do satélite AQUA (manhã e tarde) do período de 2008 a 2018, em formato *shapefile*, adquiridos no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Utilizou-se o estimador de densidade Kernel, em ambiente SIG, que é utilizado para gerar uma superfície contínua de dados amostrais. Este tipo de operação é feito pelo ajuste de uma função que realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma área de influência (DRUCK et al., 2004). Esse processo possibilita uma visão qualitativa dos focos de calor na região de interesse. Foram definidas 5 classes de densidade para melhor representação e análise dos resultados da interpolação: 1) muito baixa, 2) baixa, 3) média, 4) alta e 5) extremamente alta. O *software* ArcGIS 10.1 foi utilizado nesse processamento, onde também foi utilizada a extensão *Spatial Analyst*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número total de focos de calor foi de 533,89 focos. Esse valor é referente ao campo princípio do Risco de Fogo, assim, e por exemplo, quanto mais dias seguidos sem chuva em um dado local, maior será o risco de queima de sua vegetação. A maior quantidade de focos de calor foi observada no mês de novembro, coincidindo com a temperatura média máxima registrada de 27,84 °C. O menor valor de FC correspondeu ao mínimo de temperatura média observados no mês de março (25,8 °C), a partir do mês de julho observa-se um aumento tanto da temperatura quanto do número de FC. Os focos apresentam um decréscimo em outubro (43), observou-se que no segundo semestre as temperaturas tendem a aumentar assim como as quantidades registradas de FC (Figura 1A). Machado et al. (2014) verificaram em Cuiabá-MT que no período de abril a setembro ocorreram as maiores ocorrências de queimadas e registros de FC.

Com relação a evapotranspiração, observou-se uma variação de 3,79 a 5,14 mm dia⁻¹, ocorrendo em maio e outubro, respectivamente (Figura 1B). A máxima evapotranspiração foi devida ao aumento da temperatura, que associado a outros fatores faz com que haja maior transferência de água para a atmosfera por meio da evaporação da água do solo e da vegetação úmida, e também por transpiração das plantas. Nos primeiros meses do ano como a precipitação é maior, ocorre menor evapotranspiração e redução do número de focos (Figura 1B). Justino et al. (2002) concluíram que maior incidência de FC ocorre no Brasil no período mais seco, ou seja, na época em que ocorrem os menores valores de precipitação. Nestas condições, parte da vegetação em seu ciclo fenológico tende a perder as folhas, reduzindo assim a evapotranspiração. Com a perda das folhas abre-se no dossel espaço para a penetração da radiação solar que seca ainda mais a matéria seca, aumentando assim a flamabilidade da área.

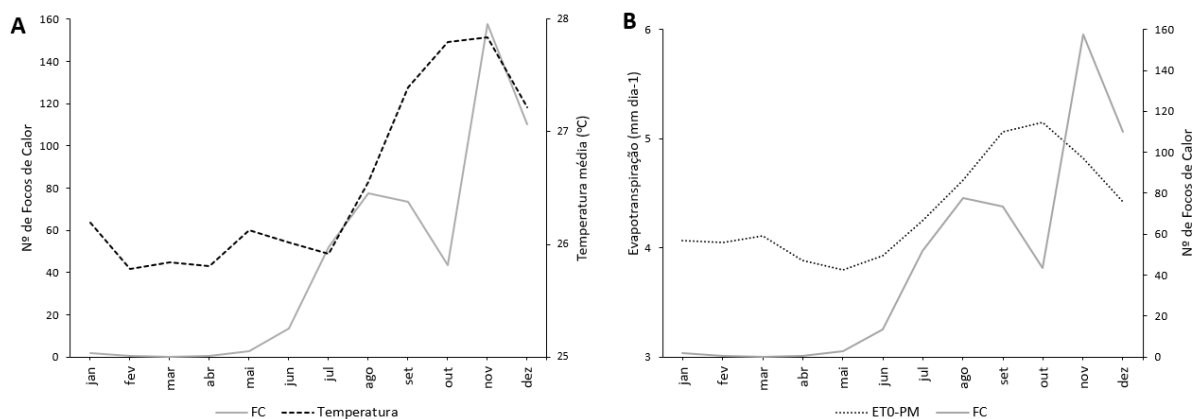


Figura 1: (A) Número de focos de calor e temperatura média mensal; (B) Número de focos de calor e evapotranspiração, segundo o método de Penman-Monteith, para o município de Paragominas-PA no período de 2008 a 2018.

Figura 1: (A) Número de focos de calor e temperatura média mensal; (B) Número de focos de calor e evapotranspiração, segundo o método de Penman-Monteith, para o município de Paragominas-PA no período de 2008 a 2018.

No mapa de densidade de focos de calor (Figura 2) podemos observar que a classe de densidade extremamente alta (classe em vermelho) concentra-se na porção nordeste do município. Estes locais possuem grandes áreas de produção agrícola e pastagem, estradas e com pouquíssima vegetação nativa e ou secundária, a região passou por mudanças de cobertura de solo ao longo desses anos o que poderia ter ocasionado a detecção dos FC. A maior parte do município apresenta a classe de densidade baixa (classe verde clara), ou seja, com poucos focos detectados.

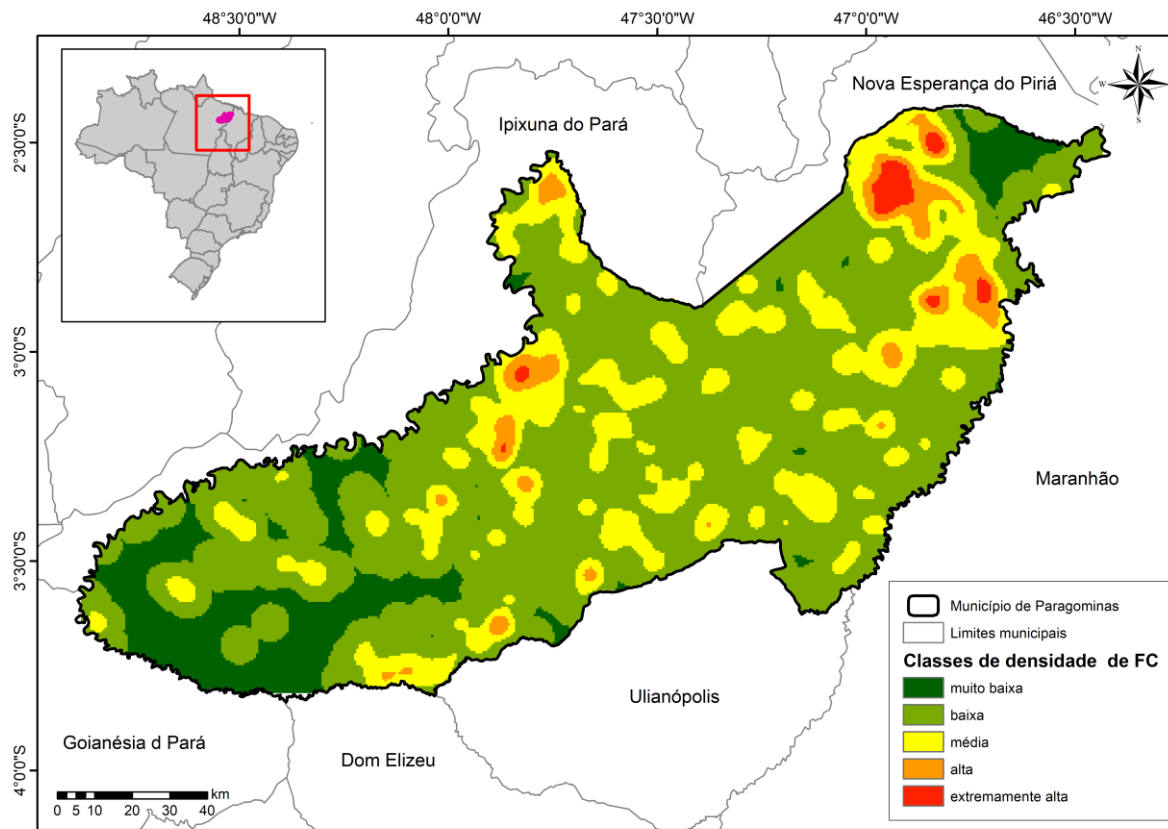


Figura 2: Mapa da densidade de focos de calor no município de Paragominas-PA.

Figura 2: Mapa da densidade de focos de calor no município de Paragominas-PA.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O período mais propício para risco de incêndios foi o segundo semestre, quando as temperaturas são mais elevadas, que associados a outros parâmetros meteorológicos tais como, falta de chuva e baixa umidade do ar, podem facilitar a ocorrência de queimadas.

A evapotranspiração foi menor nos meses de janeiro a maio, período de maior precipitação nesta região. A falta de água disponível, na forma de chuva no segundo semestre, pode resultar em deficiência hídrica e consequentemente em alterações fisiológicas negativas em plantações na região, fazendo com que os produtores utilizem métodos de irrigação.

O sensoriamento remoto, por meio do estimador de Kernel permitiu a análise da espacialização dos dados de focos de calor, discriminando os tipos de classificações de densidade de pontos. Demonstrando ser uma ferramenta capaz de tornar compreensivo a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial dos atributos estudado.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). Ao INPE pela disponibilização gratuita de dados de FC. À UFRA e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm) pelo apoio dado para a elaboração desse trabalho.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BAESSO, R. C. E.; Ribeiro, A.; Pereira Silva, M. Impacto Das Mudanças Climáticas Na Produtividade Do Eucalipto Na Região Norte Do Espírito Santo e Sul Da Bahia. *Ciência Florestal*, 2011.

JUSTINO, F. B.; SOUZA, S.S.; SETZER, A. Relação entre “focos de calor” e condições meteorológicas no Brasil. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

MORAES, W; de Jesus, W; Peixoto, L; Moraes, W; Coser, S; Cecílio, R. IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE PHOMA LEAF SPOT OF COFFEE BREAKS IN BRAZIL. **Interciencia**, Apr 2012, Vol.37(4), pp.272-278.

MIRANDA, H. S.; ROCHA E SILVA, E. P.; MIRANDA, A. C. Comportamento do Fogo em Queimadas de Campo Sujo. *In: Simpósio sobre Impacto das queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais. Anais...* Brasília: UnB, 1996.

GONTIJO, G. A. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. Em Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR (pp. 7966-7963). Curitiba, 2011.

MACHADO, N. G.; SILVA, F. C. P.; BIUDES, M. S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 36 n. 3 set-dez. 2014, p. 459 – 469.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS INTERPOLADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONVENCIONAIS (EMC) COM DADOS DA MISSÃO TRMM.

Alan Pereira da Silva Falcão Mendes¹; Grazieli Rodigheri¹; Marco Antonio de Oliveira¹; Samuel Gameiro¹; Felipe Cavallini Crespo¹
Autor para correspondência: alan.falcao@ufrgs.br

¹Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto - CEP SRM/UFRGS, Porto Alegre, RS.; ²Programa de Pós-Graduação em Geociências - Instituto de Geociências/UFRGS, Porto Alegre, RS.

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul possui uma ampla extensão territorial e uma rede de estações pluviométricas distribuída de forma esparsa e irregular, apresentando grandes distâncias de uma estação para outra. O uso de imagens obtidas pelo satélite TRMM pode agregar valor aos dados obtidos pelas estações pluviométricas e, também, melhorar a disponibilidade de dados pluviométricos para diversas regiões. Para a realização do trabalho foram utilizados dados de 15 estações convencionais e também o produto 3B43 - V7 da missão TRMM. Para a interpolação dos dados de chuva, foram utilizados os métodos Inverso da Distância Ponderada (IDW) e a Krigagem Ordinária processados em ambiente SIG. A validação cruzada coletando os valores dos pontos exatos onde existem EMC revelou que existe muita semelhança nos mesmos em estimar dados de precipitação em regiões não amostradas. Os dados interpolados apresentaram padrões parecidos para os dois métodos utilizados, mostrando a eficiência da modelagem de dados pluviométricos. Ambos os métodos apontaram bons estimadores de dados de precipitação pluvial em regiões não amostradas e um padrão bastante similar entre estes e as imagens de satélite, havendo, no geral, boa correlação entre os mapas de precipitação gerados.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Dados meteorológicos; Análise Espacial

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE INTERPOLATED DATA FROM THE WEATHER STATIONS (EMC) WITH TRMM MISSIONS DATA.

ABSTRACT

In the state of Rio Grande do Sul, it has a large territorial extension and with a network of offices totals in the spread of the scattered and irregularly shaped, exhibiting very large distances from one station to the next. Thus, the use of images obtained from satellite TRMM can add value to the data gathered by the stations, totals, and, also, to improve the availability of data on rainfall for the various regions. For the realization of this work were used the data of 15 stations in the conventional and also the product 3B43 - V7, the mission of TRMM. For the interpolation of the data for rainfall, we used the methods of the Inverse Distance Weighted (IDW) and the Kriging-Ordinary processed in a GIS environment. The cross-validation by gathering the values of the exact points where there are EMC proved that there is a lot of similarity in the same estimated rainfall data in areas not sampled. The interpolated data showed a similar pattern for the other two methods, showing the efficiency of the preparation of the data for rainfall of the latter. Both of these methods are pointed out and the good estimators for rainfall data in areas not sampled and the pattern is very similar between them with the satellite images, there is, in general, a good correlation between the maps of the precipitation that is generated.

KEY-WORDS: Remote Sensing; Meteorological data; Spatial Analysis

INTRODUÇÃO

Uma das principais dificuldades encontradas para estudos climáticos, sobretudo em um país de proporções continentais como o Brasil, está na existência de um conjunto de dados representativo e de qualidade (SANCHES, 2015). A rede de coleta de dados pluviométricos produz dados pontuais e restritos apenas a área de abrangência das estações, o que muitas vezes pode levar ao uso inadequado dessas informações, como em uso de dados de estações fora de sua cobertura (REIS *et al.*, 2005).

A baixa densidade de pluviômetros, a longa distância e a distribuição irregular das estações não permitem, devido ao seu caráter pontual, capturar a variabilidade espacial da precipitação pluvial, gerando incertezas nos resultados de diversos estudos aplicados no país (CAMPAROTTO *et al.*, 2013).

No Brasil, a principal instituição responsável pela coleta e disponibilidade de dados meteorológicos é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que disponibiliza dados meteorológicos diários a partir do seu Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), obtidos da sua rede de Estações Meteorológicas Convencionais (EMC). Além disso, outras agências coletam e disponibilizam seus próprios conjuntos de dados, como a Agência Nacional de Águas (ANA), que disponibiliza dados diários de seus postos de coleta, através da plataforma Hidroweb (ARAÚJO, 2016).

O estado do Rio Grande do Sul possui uma ampla extensão territorial e uma rede de estações pluviométricas distribuída de forma esparsa e irregular, apresentando grandes distâncias de uma estação para outra. A distribuição destas estações e, muitas vezes, a forma como os dados são disponibilizados, prejudica estudos e aplicações que fazem uso destes.

Não obstante, muitos trabalhos têm focado no uso de produtos obtidos via sensoriamento remoto para estimar informações meteorológicas de forma ampla e precisa. As estimativas de precipitação por meio de sensores remotos apresentam como vantagens: a periodicidade e coleta sistemática dos dados; frequência de amostragem superior ao das estações convencionais; e a disponibilidade de informações espacializadas (PAZ; COLLISCHONN, 2011). Entre estes está o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) capaz de obter dados pluviométricos nas regiões tropicais do planeta, por meio da utilização de micro-ondas e radar (MORAIS, 2014).

Em trabalho utilizando TRMM em regiões da África, Adeyewa & Nakamura (2003) obtiveram resultados confiáveis e de acordo com os dados medidos por pluviômetros, principalmente nas épocas de estações chuvosas.

Assim, o uso de imagens obtidas pelo satélite TRMM pode agregar valor aos dados obtidos pelas estações pluviométricas melhorando a disponibilidade de informações para diversas regiões. A associação de estimadores e interpoladores estatísticos, surge como ferramenta eficaz para validar os dados obtidos de sensores remotos, visto que estes auxiliam na estimativa de valores de precipitação em regiões de dados inexistentes.

A krigagem ordinária é um método geoestatístico de interpolação já bastante difundido, e segundo Carvalho & Assad (2005) é muito usado no estudo da distribuição espacial de precipitação pluviométrica. Segundo eles, a correlação espacial entre observações vizinhas para prever valores em locais não-amostrados é o aspecto fundamental que diferencia os interpoladores geoestatísticos dos demais (CARVALHO & ASSAD, 2005).

O Inverso da Distância Ponderada (IDW), de acordo com Alves e Vechia (2011) é um interpolador tanto exato como também suavizador, o qual dependerá da influência que determinado ponto exerce sobre os outros, que por sua vez será determinada pelo inverso da distância.

Para AAnjos *et. al* (2017), ao avaliar a qualidade do interpolador pode-se utilizar um método geoestatístico que é a validação cruzada. Já uma das maneiras de se avaliar o ajuste do interpolador é através da raiz do erro quadrático médio (REQM) que é uma medida da magnitude média dos erros estimados e quanto mais próximo de zero, melhor o interpolador (ALVES & VECCHIA, 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é realizar uma análise comparativa entre dados de precipitação das EMCs interpolados por IDW e Krigagem, e dados obtidos pela missão TRMM para o ano de 2017 no estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo foi o estado do Rio Grande do Sul, localizado na região sul do país (Figura 1). O estado possui 43 estações automáticas e 18 convencionais, gerenciadas pelo INMET, totalizando 61 estações.

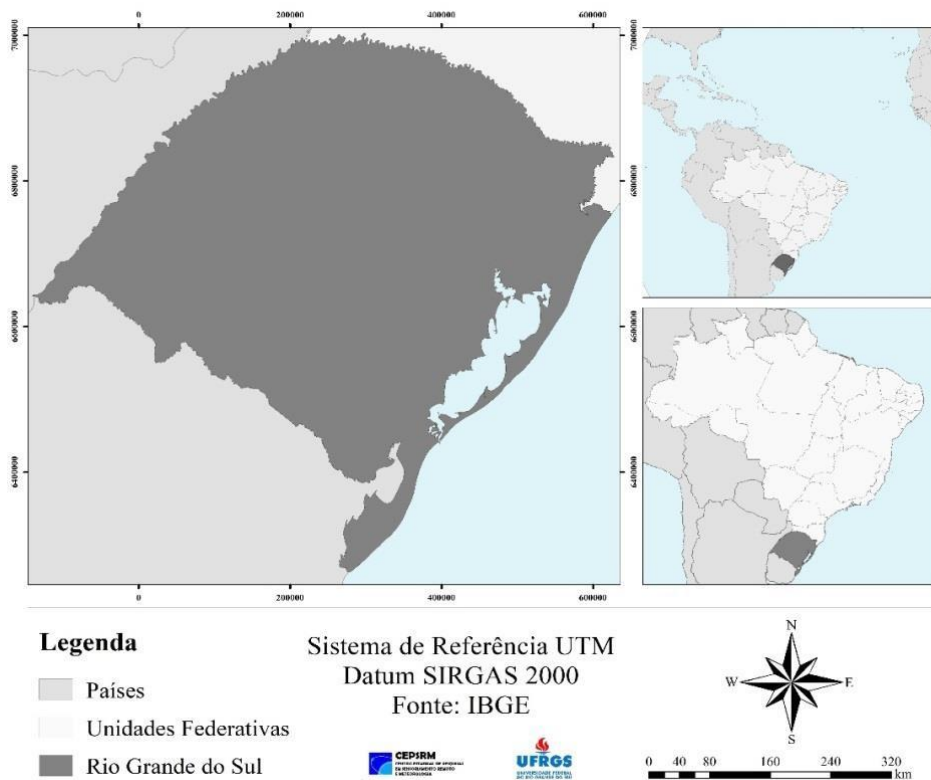


Figura 1: Mapa de localização do RS.

Dados de precipitação das Estações Meteorológicas

Para a realização do trabalho foram selecionadas 15 estações convencionais do total de 61 estações presentes no Estado (Figura 2), devido a disponibilidade e consistência da série dos dados. Foram coletadas as coordenadas de cada estação e os dados pluviométricos destas, para o período de 01 de janeiro de 2017 a 31 de dezembro de 2017.

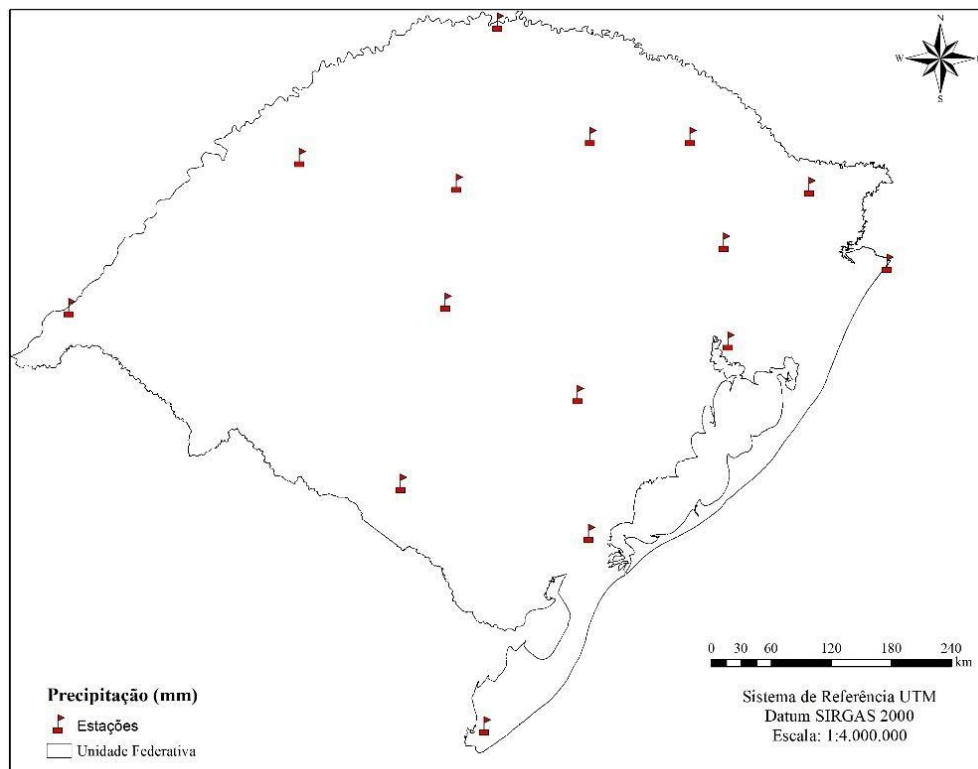


Figura 2: Localização das EMCs.

Interpolação de dados de precipitação pluvial

Para a interpolação dos dados de precipitação pluvial, foram escolhidos dois métodos usuais nesse tipo de trabalho: o Inverso da Distância Ponderada (IDW) e a Krigagem Ordinária. Para ambos, considerou-se as interpolações com o mínimo de 2 e o máximo de 5 EMCs, por conta do baixo número de estações disponíveis.

O método IDW é mais simples, necessitando apenas de poucos ajustes do usuário, enquanto que o método da Krigagem necessita de certos parâmetros, como a definição do modelo de semivariograma que melhor se ajuste a distribuição dos pontos amostrais. Para tanto, o modelo que mais se ajustou aos dados das estações foi o Gaussiano. Após a geração dos mapas, foi feita a suavização dos dados, para uma melhor comparação destes com os dados das imagens de satélite.

Dados de precipitação pluvial TRMM

Os dados TRMM foram adquiridos através do site <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>, disponibilizado diariamente pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA). O produto utilizado neste trabalho foi o 3B43 - V7, que apresenta resolução temporal mensal e resolução espacial de 0.25 x 0.25 graus. Tal produto foi escolhido, pois é de fácil manipulação e adequado para se comparar com dados mensais de estações meteorológicas.

Seleção dos pontos amostrais

Foi executada a extração automática do máximo de pontos, respeitando o espaçamento de 20 quilômetros (Figura 3), que compreende aproximadamente a resolução espacial do TRMM. Com este processamento, gerou-se 140 pontos amostrais aleatórios, nos quais obteve-se os valores de precipitação pluvial de cada interpolador e da imagem do satélite.

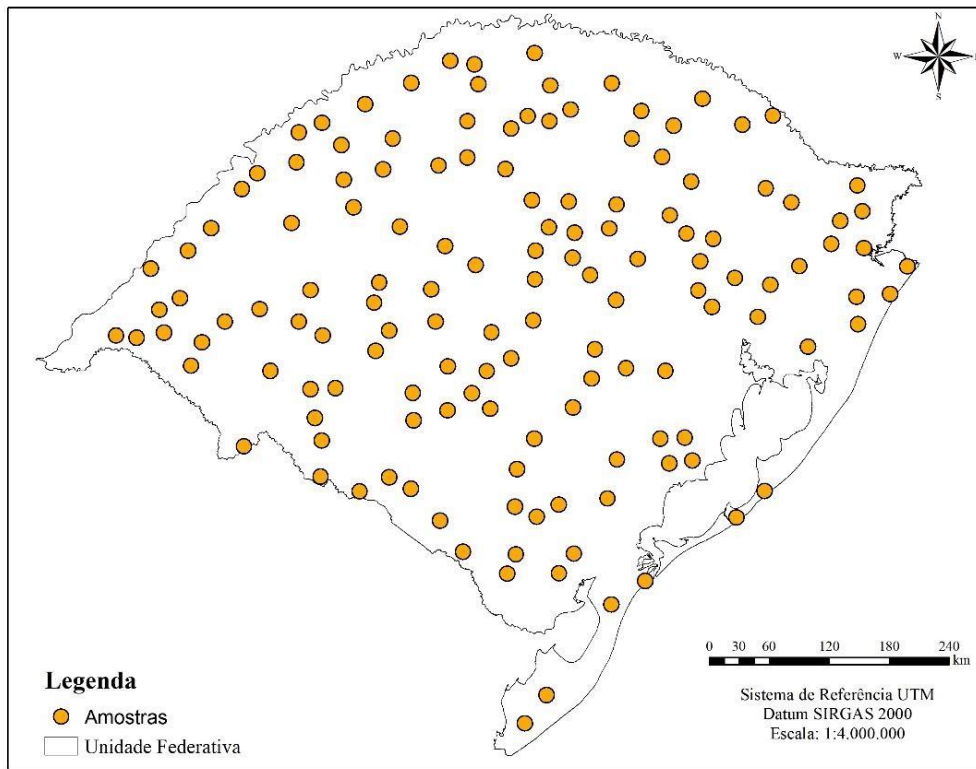


Figura 3: Pontos de amostras extraídos.

Por fim, para uma melhor avaliação dos métodos, foi gerado mapas de precipitação pluvial para todo o período; realizada a validação cruzada entre os valores medidos e estimados pelos modelos; criação de gráficos de correlação e comparou-se os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebe-se a variabilidade existente na distribuição de chuvas ao longo de todo o estado (Figura 4), sendo que as maiores quantidades de chuva estão localizadas na porção central do Estado.

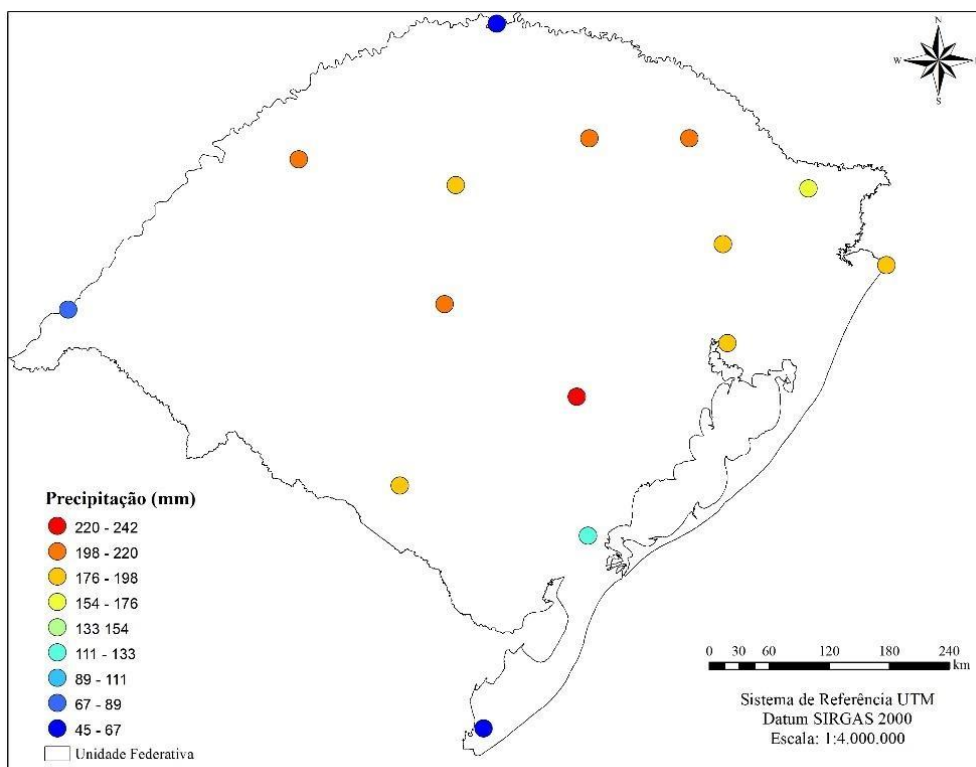
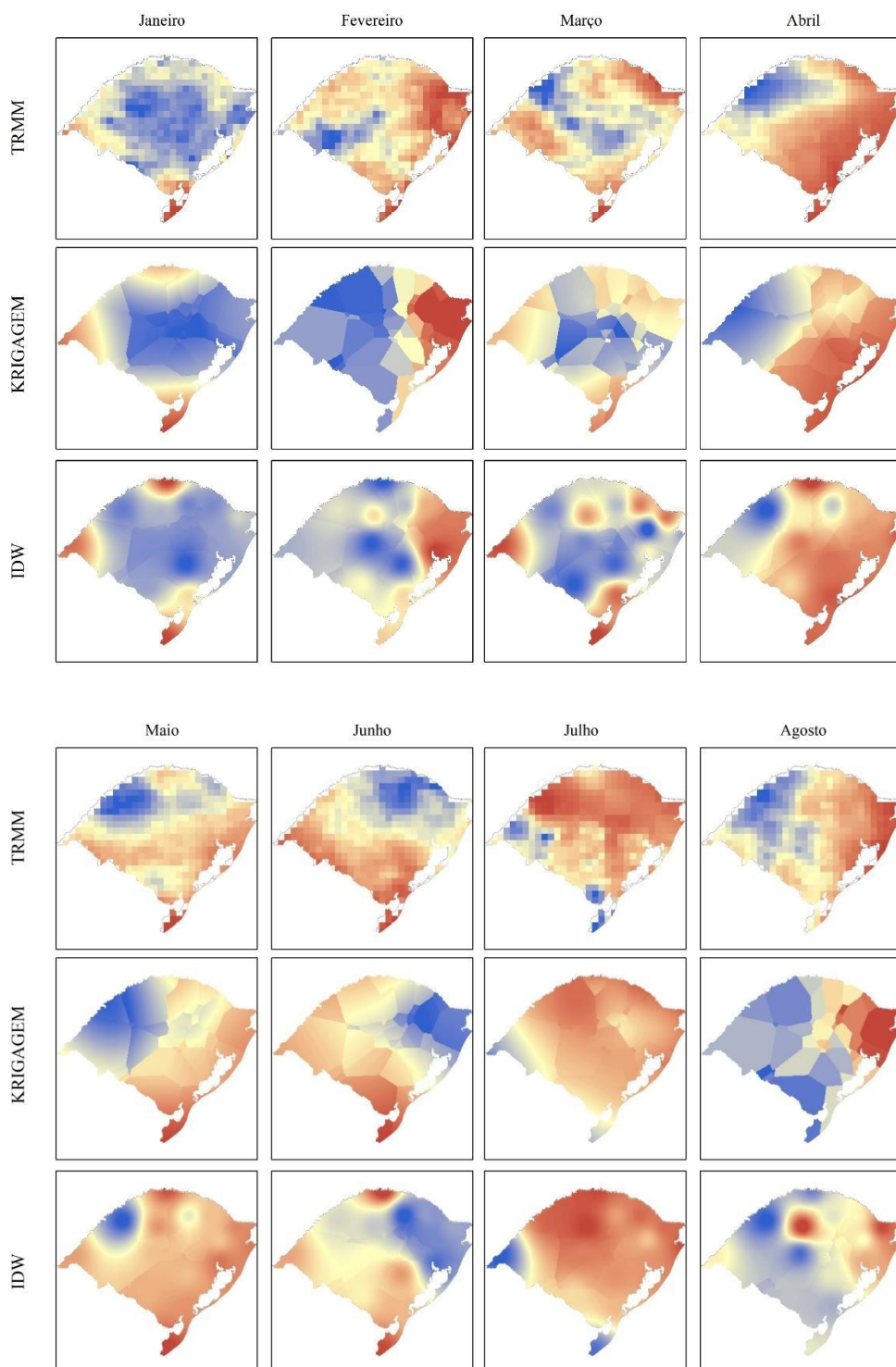


Figura 4. Distribuição da chuva nas EMCs.

Os dados interpolados apresentam padrões similares para os dois métodos utilizados, mostrando a eficiência da modelagem de dados pluviométricos destes interpoladores (Figura 5). Nota-se que o IDW possui um padrão mais circular, e uma tendência de formar agrupamentos/ilhas, enquanto que o método da Krigagem apresenta tendências mais poligonais com regiões mais homogêneas.

Comparando os resultados dos interpoladores com a imagem de distribuição da precipitação pluvial do TRMM, observa-se que o comportamento é parecido, sendo que em alguns meses as observações se aproximam melhor ao método IDW e outros que se adequam melhor ao método de Krigagem. Vale ressaltar que a área escolhida compreende grandes dimensões e que, muitas vezes, locais distantes de um mesmo mês podem apresentar um melhor ajuste com modelos diferentes.



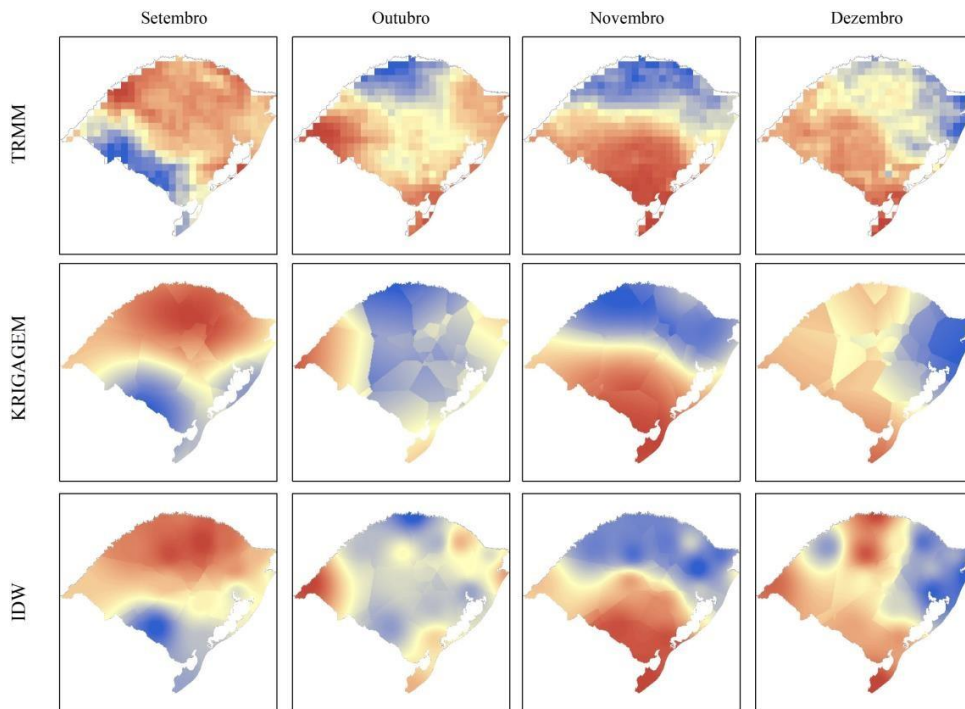


Figura 5: Resultado dos interpoladores.

A validação cruzada, utilizando os valores dos pontos das EMCs e os interpolados, revelou que existe semelhança nas estimativas de precipitação pluvial (Figura 6). A Krigagem apresentou um coeficiente de determinação 0.81 e erro médio 1.05, indicando que o modelo consegue explicar bem os valores observados. O IDW, levando em consideração que os pontos de amostragem eram os próprios pontos de coleta da EMC com distância zero, atribuiu o mesmo valor que foi fornecido pelas estações conseguindo assim o R^2 máximo nesse teste. O TRMM apresentou o menor valor, visto que ele não tem relação nenhuma com os valores que foram medidos em campo pelas estações. Ele utiliza valores de medições próprias feitas remotamente, e seus dados de cada ponto corresponde à média aferida em toda a região abrangida por um pixel (aproximadamente 760 km²).

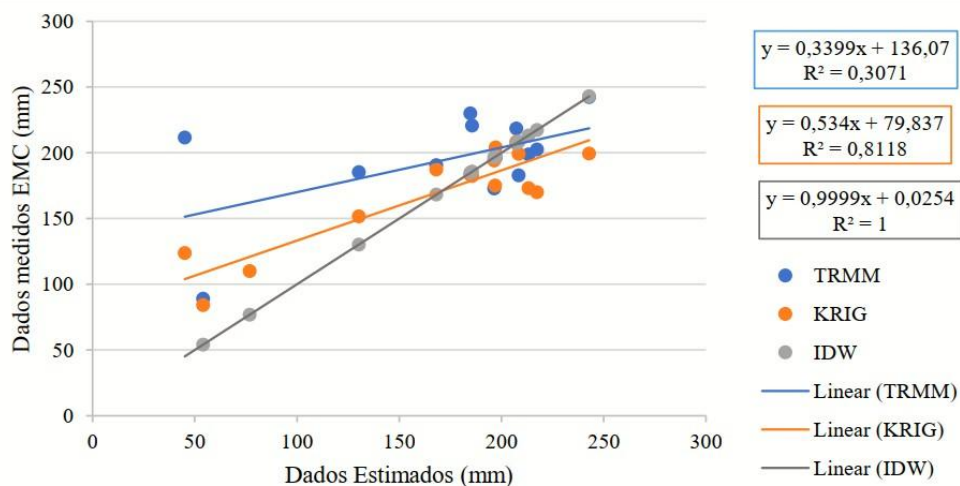
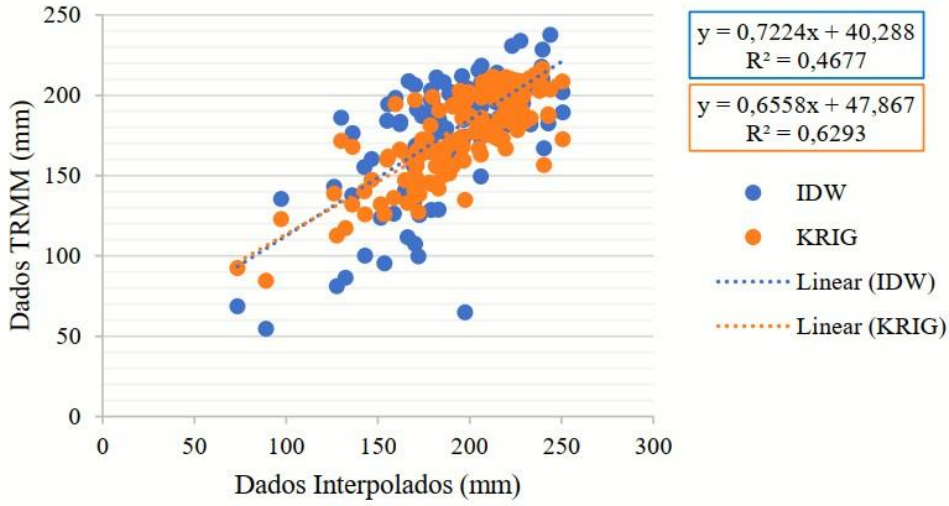


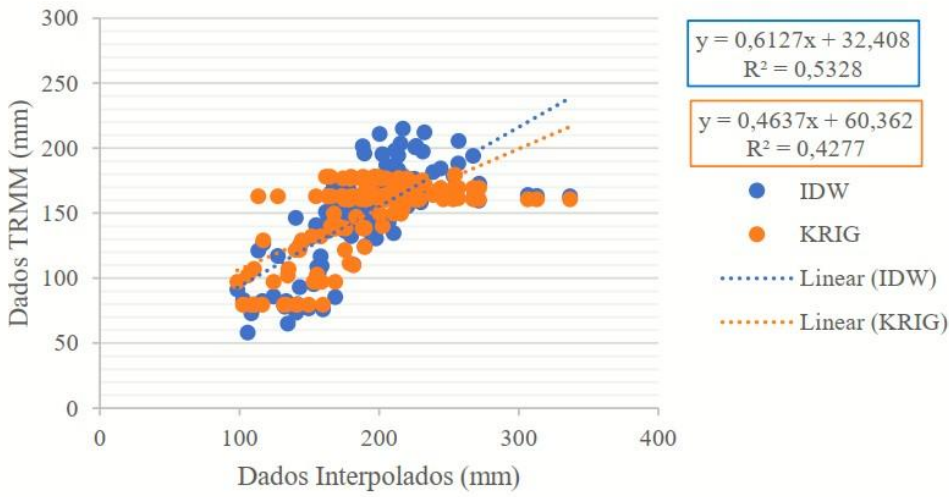
Figura 6: Validação cruzada EMC VS dados estimados.

Para analisar o comportamento dos dados interpolados frente ao TRMM, foi realizada uma comparação entre os interpoladores *versus* dado estimado por satélite, utilizando os pontos amostrais aleatórios para os meses que apresentaram padrões de visualização mais semelhantes entre si (Figura 7). É possível observar a dinâmica dos dados interpolados ao longo do ano estudado.

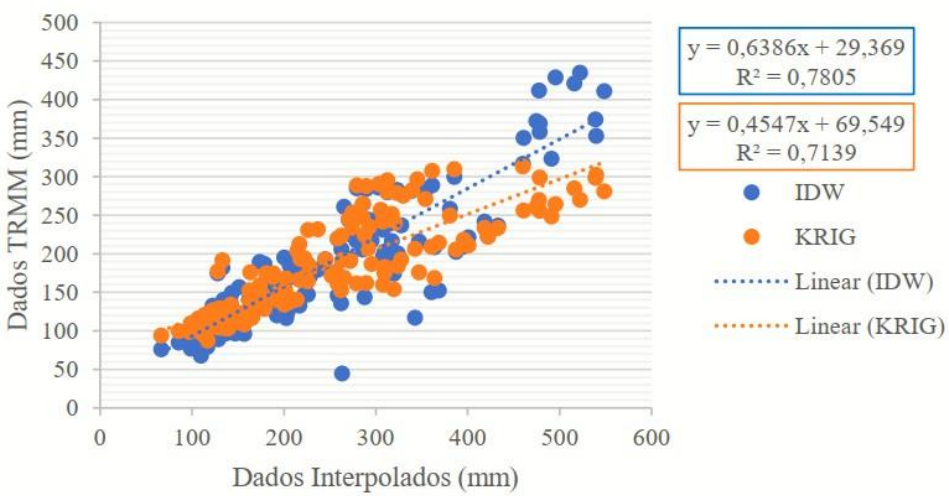
Janeiro



Fevereiro



Abril



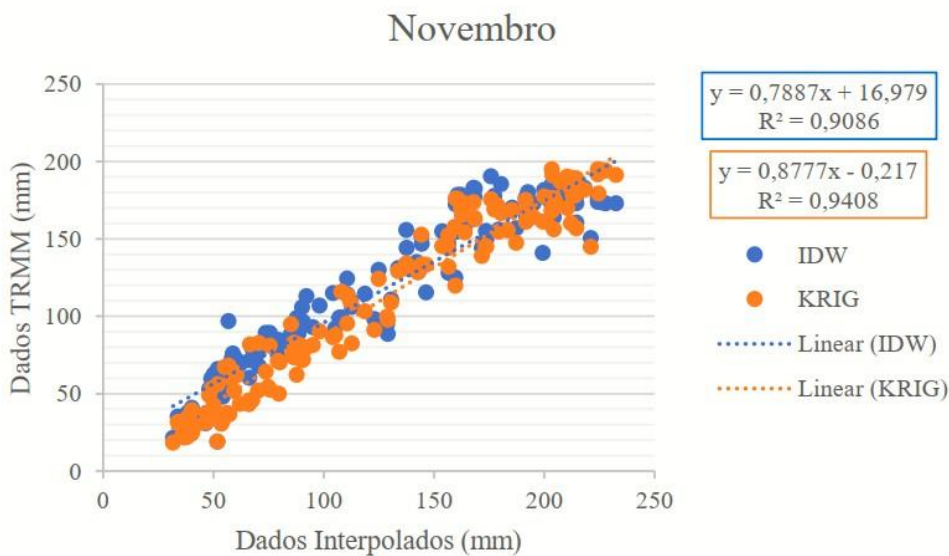
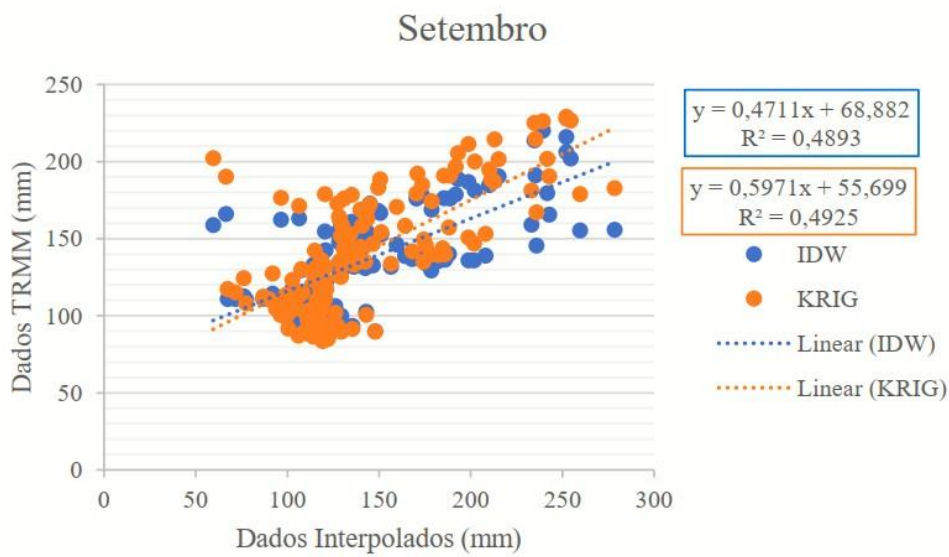
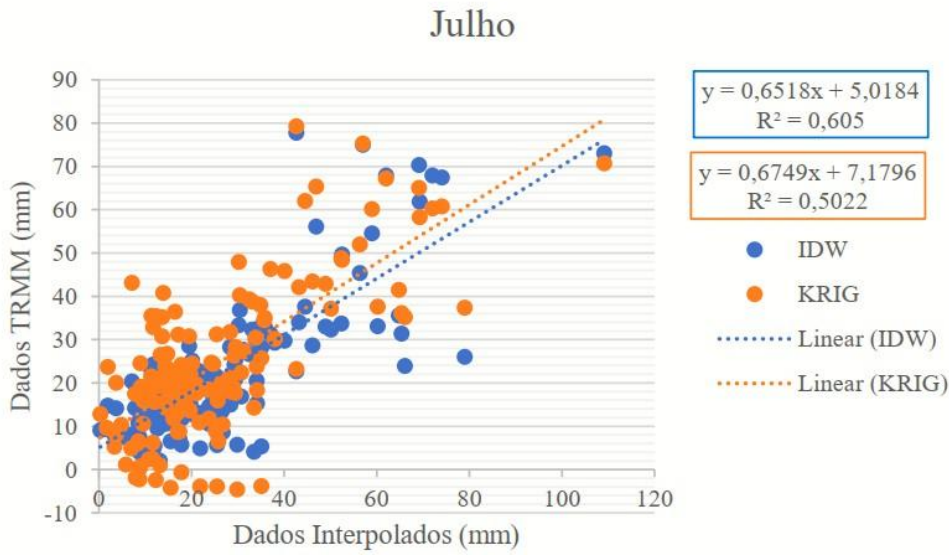


Figura 7: Interpoladores VS TRMM.

Ambos os modelos apresentaram correlação (R^2) positiva na maioria dos meses e bem próximos entre si, sugerindo que em determinadas áreas ambos os modelos são eficientes em estimar dados de precipitação pluvial, ainda que em algumas áreas os modelos se ajustaram melhor dependendo da época do ano.

O comportamento dinâmico dos dados também sugere os interpoladores podem estar sujeitos a outras variáveis ambientais e/ou climatológicas que não foram levadas em conta nesse estudo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os métodos testados neste trabalho demonstraram bom ajuste na modelagem dos dados de precipitação pluvial das EMCs, mostrando-se eficientes neste processo. A validação cruzada entre os dados estimados e os dados obtidos *in situ* apresentou melhor resultado com as interpolações, por serem gerados com base nas EMCs. Já os dados de TRMM obtiveram menor correlação devido ao fato dos seus valores corresponderem a uma média do pixel da imagem.

Quando comparado com dados locais medidos diretos pelas estações, o TRMM apresentou maior divergência. Mas ao ser comparado com dados regionais interpolados, o mesmo apresentou boa correlação e, dependendo da época do ano, chegando a valores de R^2 acima de 0.9.

A área escolhida, por ser de grande extensão, pode resultar em diferenças significativas em cada região e em cada época do ano. Uma comparação mais precisa e uma análise mais aprofundada dos métodos aqui analisados, seus algoritmos e vulnerabilidades é recomendada para mensurar o quanto variam os dados amostrados para os estimados.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AANJOS, R. S.; CANDEIAS, A. L. B.; NÓBREGA, R. S. MAPEAMENTO DA PRECIPITAÇÃO ESTIMADA E OBSERVADA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO E SUA RELAÇÃO COM A MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 3, 7 mar. 2017.

ADEYEWA, Z.D. AND K. NAKAMURA, 2003: Validation of TRMM Radar Rainfall Data over Major Climatic Regions in Africa. *Journal Applied Meteorology and Climatology*, **42**, 331–347, [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2003\)042<0331:VOTRRD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2003)042<0331:VOTRRD>2.0.CO;2)

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. *Acta Scientiarum*, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.

ARAÚJO, S.R.; SANCHES, F.; FERREIRA, R.V. Validação dos dados pluviométricos do satélite trmm para Uberaba-MG. In. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, Goiânia-Brasil, 2016.

CAMPAROTTO, L.B.; BLAIN, G.C.; GIAROLLA, A.; ADAMI, M.; CAMARGO, M.B.P. Validação de dados Termoplométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.6, p.665 -671, 2013.

CARVALHO, J.R.P. de; ASSAD, E.D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.377-384,2005. DOI: 10.1590/S0100-69162005000200011

REIS, M.H.; GRIEBELER, N.P.; SARMENTO, P.H.L.; OLIVEIRA, L.F.C.; OLIVEIRA, J.M. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. Anais XII, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, 2005.

SANCHES, F.O. O Geógrafo-Climatologista e as mudanças climáticas: uma proposta metodológica. Revista Equador, v. 4, p. 101-118, 2015.

PAZ, A.R.; COLLINSCHONN, W. Avaliação de estimativas de campos de precipitação para modelagem hidrológica distribuída. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n.1, p. 109-120, 2011.

MORAIS, L. B. de; Banco de dados pluviométricos integrados por dados da plataforma TRMM e estações pluviométricas nos estados de Goiás e Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Universidade Federal de Goiás - GO, Brasil, 2014.

RECONHECIMENTO DE PERÍMETROS IRRIGADOS EM ÁREAS SEMIÁRIDAS POR SENSORIAMENTO REMOTO

Thomas Rocha Ferreira¹; Jéssica Rodrigues Delgado²; Bernardo Barbosa da Silva³
Autor para correspondência: thomasmcz@gmail.com

¹Doutorando do programa de pós-graduação em Meteorologia da UFCG, Campina Grande-PB; ²Mestranda do programa de pós-graduação em Meteorologia da UFCG, Campina Grande-PB; ³Docente do programa de pós-graduação em Meteorologia da UFCG, Campina Grande-PB

RESUMO

Esta pesquisa propõe um método para a realização do reconhecimento de perímetros irrigados em áreas semiáridas. A técnica proposta, baseia-se nas reflectâncias do infravermelho próximo e do infravermelho médio de um sensor qualquer da série Landsat. A área escolhida para o estudo de caso encontra-se no submédio do rio São Francisco, polo de irrigação Petrolina/Juazeiro. Para tal, foi utilizada uma imagem OLI - Landsat 8 no dia 17/01/2017. Ao que indica o estudo de caso apresentado, a técnica apresentou exatidão (pixel-a-pixel) no reconhecimento destas áreas, pois não apenas pôde identificar as áreas irrigadas, como também exemplifica a distinção entre um perímetro agrícola e uma área de vegetação densa. A metodologia proposta nesta pesquisa pode ser utilizada na realização de cadastro de imóveis rurais (destinados a agricultura), como medida auxiliadora no processo da outorga de água.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura irrigada; Outorga de água; Classificação de imagens

RECOGNITION OF IRRIGATED PERIMETERS IN SEMIARID AREAS BY REMOTE SENSING

ABSTRACT

This research proposes a method for recognition of irrigated perimeters in semiarid areas. The proposed technique is based on the near infrared and medium infrared reflectances of any sensor from Landsat series. The area chosen for the case study is located in the São Francisco river basin, Petrolina / Juazeiro irrigation pole. For this, an OLI - Landsat 8 image was used on 01/17/2017. As indicated by the case study presented, the technique showed pixel-a-pixel accuracy in the recognition of these areas, since it not only could identify the irrigated areas, but also exemplifies the distinction between an agricultural perimeter and an area of dense vegetation. The methodology proposed in this research can be used in the registration of rural properties (for agriculture), as a supporting measure in the water granting process.

KEY-WORDS: Irrigated agriculture; Water granting; Classification of images

INTRODUÇÃO

Tratando-se do consumo de água potável no planeta, o setor agrícola é responsável pelo consumo de 69% desse recurso, que deriva de rios, lagos e aquíferos subterrâneos (MOREIRA ET AL., 2010). Por expressar tamanho potencial como consumidor desse elemento vital aos seres vivos, os perímetros agrícolas, em especial os irrigados em áreas semiáridas, necessitam ser monitorados quanto a questão da sua espacialidade, que implica diretamente no uso dos recursos hídricos de uma determinada região.

O sensoriamento remoto apresenta-se como a ferramenta que mais se adequa para esta tarefa, devido a praticidade e custo para se realizar esse tipo de estudo, uma vez que um sensor à bordo de uma plataforma orbital recebe informações em apenas um instante, de uma grande área da superfície terrestre.

Buscando a praticidade na detecção de áreas irrigadas, Silva et al. (2012) propuseram uma técnica para distinção das áreas irrigadas, com base nos pixels de uma imagem TM - Landsat 5 que apresentassem NDVI (Índice de Vegetação da diferença Normalizada) superior a 0,4. Tais pixels com esse nível indicam alto vigor vegetativo (ROUSE ET AL., 1974), característico de cultivos agrícolas. Entretanto, coberturas vegetais, nada associadas a atividade agrícola, que expressem alto nível de vigor vegetativo podem ser confundidas nesta análise, o que sugere que se adote uma técnica que permita a particularização, pixel-a-pixel apenas de coberturas vegetais ligadas a agricultura irrigada.

A metodologia proposta nesta pesquisa pode ser utilizada na realização de cadastro de imóveis rurais (destinados a agricultura), como medida auxiliadora no processo da outorga de água, uma vez a identificação da dimensão de uma área agrícola é elementar para se determinar a lâmina d'água empregada nos cultivos.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Esta pesquisa propõe um método para a realização do reconhecimento de perímetros irrigados em áreas semiáridas, baseado nas reflectâncias do infravermelho próximo e do infravermelho médio de um sensor qualquer da série Landsat.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizando diferentes combinações de bandas, é possível detectar diferenças nas características do solo e da vegetação. Sabe-se que os pixels de uma imagem de satélite que contêm vegetação densa, tendem a refletir mais energia na faixa espectral do verde e do infravermelho próximo, enquanto absorvem no vermelho, azul e infravermelho médio. Segundo Leslie et al. (2017) altos níveis de clorofila na vegetação tendem a refletir ainda mais no intervalo do infravermelho próximo, ao passo que declínios sutis nessa reflectância podem ajudar a detectar o stress da planta, mesmo se o verde visível da folha parecer inalterado.

Admitindo que se a diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (RIVP) e a reflectância do infravermelho médio (RIVM) for igual ou superior a 0,09 (valor de corte observado), então trata-se de uma parcela irrigada. Aliando as informações desta diferença e do NDVI, a seguinte condição foi utilizada:

- Se $RIVP - RIVM \geq 0,09$, trata-se de uma parcela irrigada
- Se $0 \leq RIVP - RIVM < 0,09$, trata-se de demais tipos de cobertura do solo
- Se $NDVI < 0$, trata-se de um corpo d'água

Após a classificação da imagem, foi criado um arquivo em pontos vetoriais (shapefile), a partir do qual foi possível realizar recortes das áreas irrigadas das imagens de satélite.

Particularidades que envolvem o NDVI podem ser encontradas em Rouse et al. (1974). Quanto ao cálculo das reflectâncias das bandas do sensor OLI – Landsat 8, utilizadas nesta pesquisa, pode-se encontrar a metodologia em Silva et al. (2016). A Figura 1 ilustra a área escolhida para desenvolvimento do estudo de caso para esta metodologia.

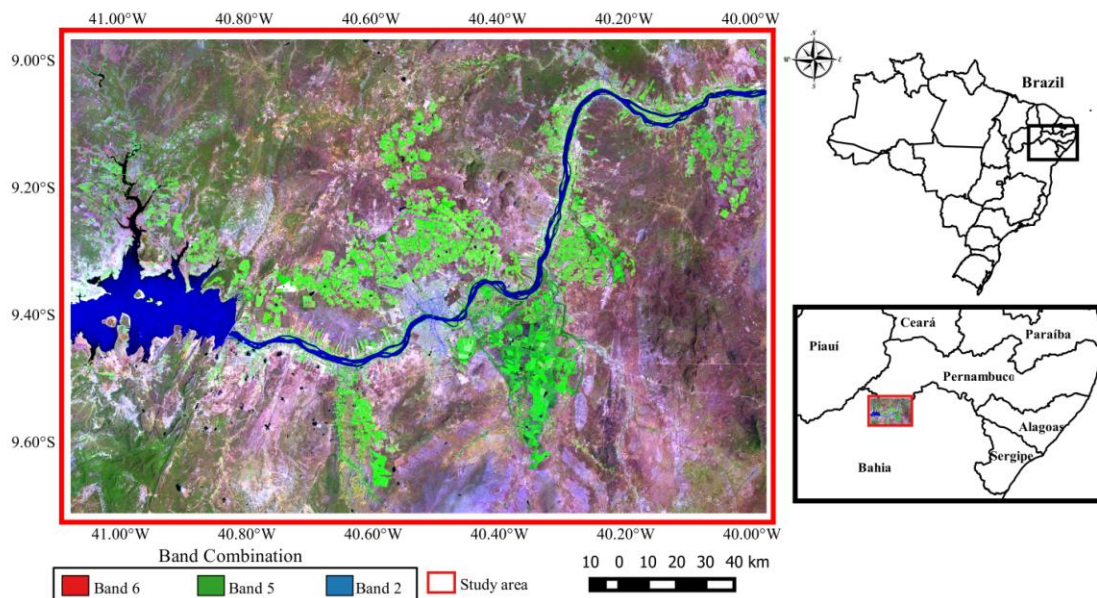


Figura 1: Localização da área de estudo: Submédio do rio São Francisco, polo de irrigação Petrolina/Juazeiro no dia 17/01/2017.

Figura 1: Localização da área de estudo: Submédio do rio São Francisco, polo de irrigação Petrolina/Juazeiro no dia 17/01/2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra uma combinação RGB das bandas reflectivas do sensor OLI (bandas 6, 5 e 2) (a), semelhante a Figura 1, um recorte na área irrigada da Agrovale em Juazeiro-BA (b), o resultado do algoritmo empregado nesta pesquisa (c) e o resultado da técnica proposta por Silva et al. (2012) (d).

Na Figura 2(a), a combinação das bandas em RGB possibilita identificar as áreas irrigadas da cena, com um destaque em verde mais claro. As Figuras 2(c) e 2(d) praticamente não indicam diferenças entre os métodos. A área irrigada total para esta cena de 01 jan de 2017 (Figura 2 (a)) era de 730,89 km². Logo, é possível notar a capacidade de diferenciação notável que ambas as técnicas apresentam. Neste recorte da superfície, as parcelas irrigadas foram diferenciadas das áreas com solo exposto com exatidão, estando ambos os métodos praticamente restritos à resolução do sensor.

A Figura 3 é semelhante a Figura 2, entretanto, ilustra um recorte em outra área, onde pode-se observar através da Figura 3(b) que a área irrigada encontra-se próximo ao rio São Francisco e mais distante da margem, encontra-se áreas de vegetação nativa (caatinga). Neste exemplo, a diferença entre os métodos foi clara. A Figura 3(c) mostra como o método de individualização das parcelas irrigadas proposto nesta pesquisa comportou-se de forma satisfatória neste processo de distinção, enquanto a técnica que toma por base o $NDVI > 0,4$ na Figura 3(d) evidenciou que é válida apenas para um recorte que compreenda um perímetro circunvizinho dos talhões e/ou pivôs agrícola, pois uma vegetação de qualquer natureza que se encontre no período de maturação e sadia, pode apresentar $NDVI > 0,4$, inviabilizando este meio de distinção.

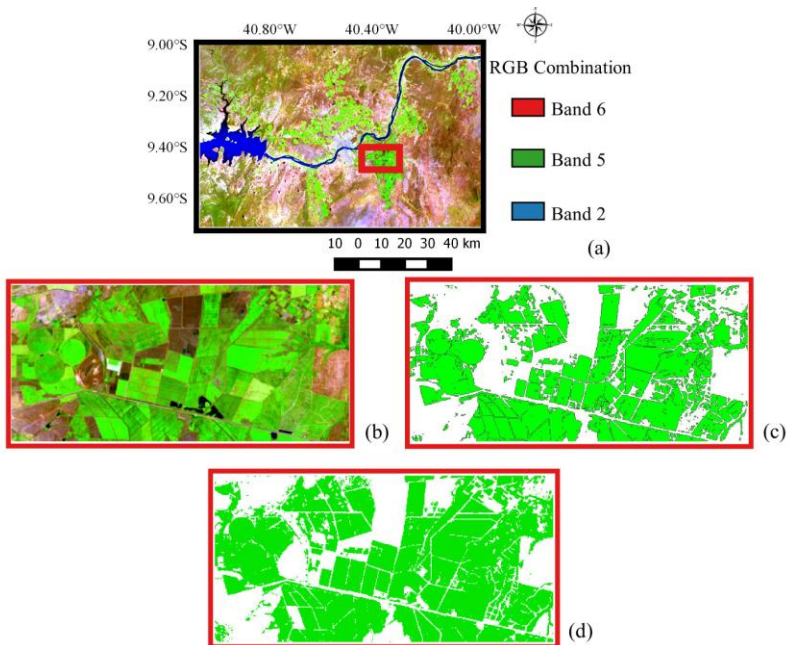


Figura 2: Área de estudo (a) Recorte da área irrigada pela empresa Agrovale, em Juazeiro-BA (b) reconhecimento das áreas irrigadas (c) e NDVI > 0,4 (d).

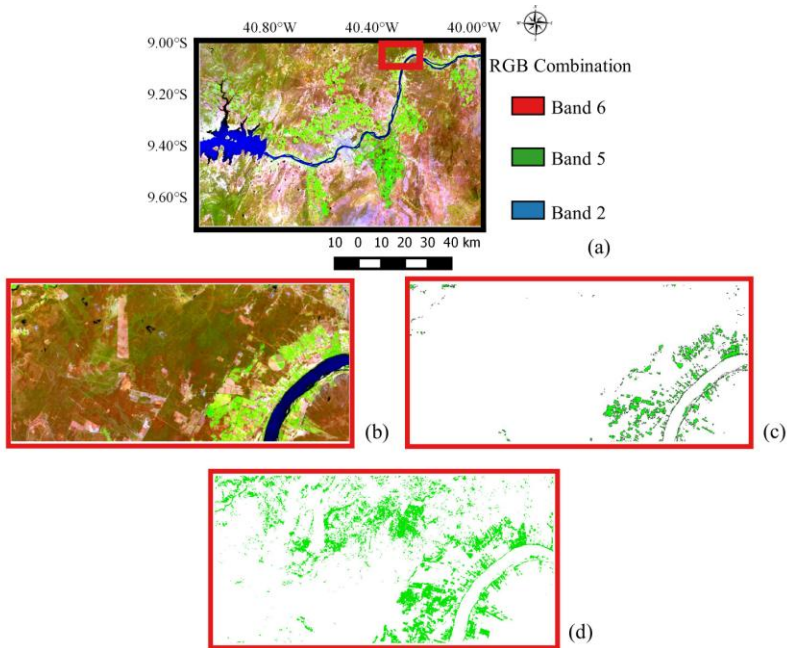


Figura 3: Área de estudo (a) recorte de uma área irrigada ribeirinha (b) reconhecimento das áreas irrigadas (c) e NDVI > 0,4 (d).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Esta pesquisa propôs uma técnica para a detecção de perímetros irrigados em áreas semiáridas, com base nas reflectâncias do infravermelho próximo e do infravermelho médio de um sensor qualquer da série Landsat.

Ao que indica o estudo de caso apresentado, a técnica apresentou exatidão (pixel-a-pixel) no reconhecimento destas áreas, pois não apenas pôde identificar as áreas irrigadas, como também exemplifica a distinção entre um perímetro agrícola e uma área de vegetação densa.

A metodologia proposta nesta pesquisa pode ser utilizada na realização de cadastro de imóveis rurais (destinados a agricultura), como medida auxiliadora no processo da outorga de água.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

LESLIE, C. R.; SERBINA, L. O. e MILLER, H. M. Landsat and Agriculture—Case Studies on the Uses and Benefits of Landsat Imagery in Agricultural Monitoring and Production: U.S. Geological Survey Open-File Report 2017. 1108 p. 27. 2017. <https://doi.org/10.3133/ofr20171034>.

ROUSE, J. W.; HAAS Jr., R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A.; HARLAN, J. C. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation, NASA/GSFC type III final report: Greenbelt, Maryland, NASA, 371 p. 1974. Available in: <<https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19740022555>> Acesso em: 12 jan. 2018.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C.C.; OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA JUNIOR, B. B. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.20, n.1, p.3-8. 2016.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; Oliveira, L. M. M.; GALVÍNCIO, J. D.; Montenegro, S. M. G. L. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, p. 1218-1226. 2012.

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DO NDVI NOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA SOJA CV. COODETEC / CD – 2728 IPRO ATRAVÉS DE IMAGENS DO LANDSAT 8

Déborah Lidya Alves Sales¹; Sinomar Oliveira Silva²; Haroldo Edson Antunes Capelloza³
Autor para correspondência: deborahlidyasales@gmail.com

¹Faculdade Metropolitana de Anápolis; ²Faculdade Metropolitana de Anápolis; ³Faculdade Metropolitana de Anápolis

RESUMO

Nas últimas décadas, a cadeia produtiva da soja, tanto no Brasil quanto no mundo, tem apresentado um crescimento contínuo e diferenciado, que pode ser atribuído a fatores que afetam diversos aspectos, sobretudo aqueles de natureza tecnológica. O índice de vegetação NDVI, é um produto do sensoriamento remoto que permite o monitoramento do crescimento e desenvolvimento da vegetação. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do índice de vegetação da cultura da soja, através de imagens do LANDSAT-8. A área de estudo foi uma área de sequeiro de 50 ha, na região de Gameleira de Goiás. As imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas durante todo o ciclo da cultura estudada. O cálculo feito para avaliação do NDVI foi realizado utilizando um *software* de processamento digital de imagens, em função da razão da refletância entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho com intuito de se obter os valores do NDVI durante os estádios fenológicos da cultura. Assim, foi possível definir um valor de índice de vegetação para cada fase fenológica analisada descrevendo assim o comportamento típico da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: índice de vegetação; sensoriamento remoto; fase fenológica

EVALUATION OF NDVI SPECTRAL BEHAVIOR IN SOYBEAN DEVELOPMENT STAGES CV. COODETEC / CD - 2728 IPRO FROM IMAGES OF LANDSAT 8

ABSTRACT

In the last decades, the soybean production chain, both in Brazil and in the world, has shown a continuous and differentiated growth, which can be attributed to factors affecting several aspects, especially those of a technological nature. The NDVI vegetation index is a remote sensing product that allows the monitoring of vegetation growth and development. The objective of this work was to analyze the behavior of the vegetation index of the soybean crop, using LANDSAT-8 images. The study area was a dry area of 50 ha in the region of Gameleira de Goiás. The images selected for the study were acquired during the whole cycle of the studied culture. The calculation made for NDVI evaluation was performed using a digital image processing software as a function of the reflectance ratio between the near infrared and red bands in order to obtain the NDVI values during the phenological stages of the culture. Thus, it was possible to define a vegetation index value for each phenological phase analyzed, thus describing the typical behavior of the crop.

KEY-WORDS: vegetation index; remote sensing; phenological phase

INTRODUÇÃO

A produção de soja está entre as atividades econômicas que, nas últimas décadas, apresentaram crescimentos mais expressivos. Isso pode ser atribuído a diversos fatores, dentre os quais: desenvolvimento e estruturação de um sólido mercado internacional relacionado com o comércio de produtos do complexo agroindustrial da soja; consolidação da oleaginosa como importante fonte de proteína vegetal, especialmente para atender demandas crescentes dos setores ligados à produção de produtos de origem animal; geração e oferta de tecnologias, que viabilizaram a expansão da exploração sojícola para diversas regiões do mundo (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014).

Buscando uma melhor avaliação das condições da vegetação, técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente aplicadas à agricultura. Dentre as principais informações obtidas por meio do sensoriamento remoto estão os índices de vegetação. Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados onde busca relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada. Os índices de vegetação têm sido utilizados como indicadores da condição da vegetação. Segundo Jensen (2009), eles se configuram como medidas radiométricas adimensionais, que indicam abundância relativa e a atividade da vegetação verde, sobretudo nas regiões do visível e do infravermelho próximo.

De acordo com Almeida et al. (2005), os índices de vegetação, expressos em valor numérico, resultam da combinação de dois ou mais comprimentos de onda e permitem a detecção de presença e estado da vegetação em questão. Índices de vegetação apresentam boa relação com características fisiológicas e biofísicas da vegetação, como área foliar, fitomassa, anomalias, evapotranspiração, produtividade e condição hídrica (Leivas et al., 2011; Crusiol et al., 2012).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo analisar e interpretar o comportamento espectral do índice de vegetação NDVI durante os estádios fenológicos da cultura da soja cv. Coodetec / CD - 2728 na região do município de Gameleira de Goiás - GO utilizando imagens do satélite Landsat-8 sensor (OLI/TIRS).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de sequeiro de 50 ha na propriedade do senhor Danilo de Moraes Fleuri, entre as coordenadas 16° 24' 57"S e 48° 40' 37"W, no período de 09 de novembro de 2017 a 02 de março de 2018. Segundo a classificação de Koppen o clima é classificado como Aw. Em Gameleira de Goiás a temperatura média anual é de 22.1 °C. , a média anual de pluviosidade é de 1385 mm. A cultivar estudada foi a soja cv. Coodetec / CD – 2728 IPRO de alto potencial produtivo e crescimento indeterminado, possui a tecnologia Intacta RR2 PRO™, que garante resistência às principais lagartas da cultura. A cultivar utilizada foi soja cv. Coodetec / CD – 2728 IPRO a semeadura foi realizada mecanicamente no dia 09/11/2017. Onde foram realizadas calagem e gessagem 90 dias antes do plantio. A adubação foi feita no momento da semeadura, sendo 150 kg/ha de 05.37.00 na linha de plantio e 100 kg/ha a lanço. O cloreto de potássio foi aplicado a lanço uma dosagem de 210 Kg/ha uma semana antes da semeadura.

O índice de vegetação empregado neste estudo foram obtidos a partir de produtos do satélite Landsat 8 obtida gratuitamente no banco de imagens do *United States Geological Survey* USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) já ortorretificadas. O sensor OLI (Operational Land Imager) e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) medem a radiância espectral dos alvos e armazenam-os na forma de níveis de cinza, com resolução espectral de 12 bits. A resolução espacial do sensor é de 30 m nas bandas 1 a 7 e 9, 15 m na banda 8 (pancromática) e de 100 m nas bandas 10 e 11 (canais termais). A resolução temporal (tempo de revisita) deste satélite é de 16 dias. As imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas durante todo o período de estudo. As imagens foram processadas no software QGIS 2.18, onde realizou-se a obtenção dos valores de NDVI dos pixel da área estudada.

Este índice é definido por Asner e Townsend (2000) como uma métrica utilizada para detecção de mudanças relativas do “verdor” do dossel florestal, o qual é proporcional a absorção da radiação fotossinteticamente ativa fracional, funcionalmente dependente do índice de área foliar (IAF). Constitui-se em um dos índices de

vegetação de maior difusão, com larga aplicabilidade em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos. O NDVI foi obtido a partir da equação (1) abaixo descrita:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1) \quad \text{Eq. (131)}$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no infravermelho próximo banda 5 do Landsat 8

V: valor de reflectância na banda no vermelho banda 4 do Landsat 8

Em seguida foram realizadas análises sobre o comportamento do NDVI durante o período de desenvolvimento da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores do comportamento espectral do NDVI durante os estádios fenológicos analisado. Os valores de NDVI encontrados neste trabalho iniciam-se baixo, próximos aos patamares de solo exposto/palhada, e aumentam à medida que a planta cresce e aumenta sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo. A partir daí a planta reduz o seu vigor vegetativo, entrando na fase senescência e iniciando o processo de maturação, fazendo se com que os valores de NDVI diminuam até os patamares iniciais de solo exposto. Onde no estágio inicial, aos 4 DAS, obteve-se o menor valor de NDVI (0,16). No estágio R4 no desenvolvimento da vagem, aos 72 DAS, obteve-se o maior valor de NDVI (0,64), que resultou do aumento de sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo.

Tabela 1: Valores do comportamento espectral do NDVI durante os estádios fenológicos da soja cv. Coodetec/ cd - 2728 IPRO. EF estágio fenológico; DAS Dias após a semeadura do acompanhamento do estágio fenológico; NDVI média dos valores de NDVI para os referidos DAS.

EF	VE	R4	R6	R8
DAS	4	72	87	103
NDVI	0,16	0,64	0,62	0,15

Na Figura 1 apresentam-se o perfil temporal médio de NDVI obtido para a cultivar estudada. Verifica-se que a curva descreve o comportamento típico de cultura anual, Formaggio (1989) analisando a trajetória do comportamento do NDVI observou que o comportamento ao longo do ciclo da cultura (IAC- Carioca 80) apresentou um comportamento em forma de parábola.

Os valores de NDVI encontrados neste trabalho iniciam-se baixo, próximos aos patamares de solo exposto/palhada, e aumentam à medida que a planta cresce e aumenta sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo. A partir daí a planta reduz o seu vigor vegetativo, entrando na fase senescência e iniciando o processo de maturação, fazendo se com que os valores de NDVI diminuam até os patamares iniciais de solo exposto.

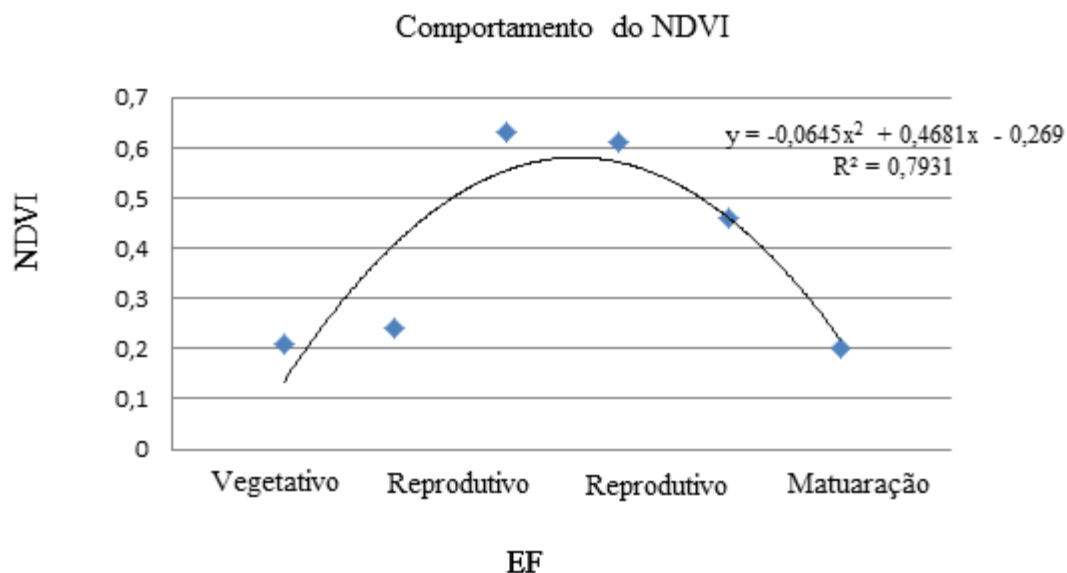


Figura 1. Perfil temporal de NDVI para cada cultivar estudada.

Observa-se, pela figura 1, que a curva de regressão que melhor ajustou os dados foi a polinomial de ordem 2, onde o valor de o R-quadrado apresentou um valor equivalente a $R^2 = 0,79$ próximo de um, onde indica que condições às quais estiveram submetidos à avaliação do comportamento espectral do NDVI deste trabalho foi possível verificar que a curva descreve o comportamento típico de cultura anual, onde os valores de NDVI iniciam-se com valores baixos, e aumentam à medida que a planta cresce e aumenta a sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo.

Porém quando se analisa as diferentes fases fenológicas da soja, é possível observar que os melhores resultados foram apresentados no ciclo vegetativo e reprodutivo. Onde de acordo com Monteiro (2009), isso acontece devido ao fato de serem as fases em que a cultura se apresenta com seu melhor estado vegetativo, as folhas estão verdes e saudas, e a influência do solo é pouca em relação à resposta espectral.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O trabalho atingiu o objetivo permitindo estudar o comportamento do NDVI da soja cv. Coodetec / CD – 2728 IPRO de alto potencial produtivo e crescimento indeterminado, por meio de imagens de satélite LANDSAT-8 OLI/TIRS, mostrando assim o comportamento do NDVI típico para culturas anuais.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D. C.; MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H. Índices de vegetação para a cultura da soja em diferentes condições hídricas e de sistema de manejo do solo. In XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBSR, 2005. p. 17-24. Disponível em: < <http://mart.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.17.02/doc/Indices.pdf> > Acesso em: 10 de junho de 2019.

ASNER, G. P. & TOWNSEND, A. R. Satellite observation of El Niño effects on Amazon forest phenology and productivity. *Geophysical Research Letters*, 27: 981-984, 2000. Disponível em: < <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal> >. Acesso: 20 julh. 2019.

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. F. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; FARIAS, J. R. B. Influência do horário das medições nos valores de NDVI. In: VI Congresso Brasileiro de soja, 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá CBS, 2012. p. 82. ISBN 978-85-7035-056-5. Disponível em: < <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22CONGR> >

ESSO%20BRASILEIRO%20DE%20SOJA,%206.,%202012,%20Cuiab%C3%A1.%22>. Acesso em : 15 de junho de 2019.

FORMAGGIO, A.R. Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão. Piracicaba, 1989. 161p. **Tese (Doutorado)** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 26 de junho de 2019.

HIRAKURI, M, H. LAZZAROTTO, J.J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Documento 349. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2014. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja>>. Acesso em: 18 de junho de 2019.

JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.01.14.00/doc/jasen.pdf>>. Acesso: 25 julh 2019.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; NOGUEIRA, S. F.; BOLFE, É. L. Estimativa da evapotranspiração em áreas com diferentes características ambientais utilizando o algoritmo Sebal. In : XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: CBAGRO,2011.p.1-7. Disponível em: < <http://www.sbagro.org.br/index.php?page=anais>>. Acesso em: 02 de junho de 2019.

MONTEIRO, P. F. C. **Efeito das lâminas de irrigação e da adubação nitrogenada no comportamento espectral da cultura do feijão.** 2009. 182 f. **Tese (Doutorado)** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 26 de junho de 2019.

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO CICLO ANUAL DE PLANTIO/COLHEITA DE SOJA DA SAFRA ANUAL DE 2019 NA REGIÃO DO CHAPADÃO DE SANTO ANTÔNIO DO RIO VERDE – CATALÃO, GOIÁS, BRASIL

Ana Maria Rodrigues Vaz¹; Alfredo Arantes Guimarães Silveira²; Rafael de Ávila Rodrigues¹
Autor para correspondência: anamariarodriguesvaz@gmail.com

¹Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão; ²Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

A produção de grãos na região do Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde corresponde a uma das atividades que mais contribuem com produto interno bruto – PIB do município de Catalão e até mesmo do estado de Goiás, conforme dados do Instituto Mauro Borges – IMB. Atualmente o sensoriamento remoto se apresenta como uma das ferramentas metodológicas fundamentais para a compreensão dos diversos usos das terras. O presente trabalho tem como objetivo é analisar safra anual de grãos a partir da utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto, na região denominada “Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde”, localizada no município de Catalão – Goiás. Como procedimentos metodológicos foram gerados o índice de vegetação NDVI e a composição RGB mensais para o período do ciclo anual da soja em goiás (setembro a abril) segundo o calendário de produção de grãos. Os resultados preliminares demonstraram que a resposta espectral da vegetação da região do Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde correspondeu ao período de plantio e colheita do calendário de produção de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI; Produção de grãos; Sensoriamento Remoto

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF THE ANNUAL CYCLE OF PLANTATION / HARVESTING OF THE 2019 ANNUAL SAFRA SOYA IN THE REGION OF.CHAPADÃO DE SANTO ANTÔNIO DO RIO VERDE – CATALÃO, GOIÁS, BRASIL

ABSTRACT

Grain production in the Chapadão region of Santo Antônio do Rio Verde corresponds to one of the activities that contribute most to the gross domestic product - GDP of the municipality of Catalão and even of the state of Goiás, according to data from the Instituto Mauro Borges - IMB. Currently, remote sensing is one of the fundamental methodological tools for understanding the various land uses. The objective of this study was to analyze the annual grain harvest from the use of remote sensing techniques, in the region called " Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde.", Located in the municipality of Catalão - Goiás. of NDVI vegetation and the monthly RGB composition for the period of the annual soybean cycle in Goiás (September to April) according to the grain production schedule. Preliminary results showed that the spectral response of the vegetation of the Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde region corresponded to the planting and harvesting period of the grain production schedule.

KEY-WORDS: NDVI; Grain Production; Remote sensing

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui uma área original de 2.036.448 km², segundo o IBGE (2004), e de acordo com o Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em 2009 a área de cobertura vegetal nativa era de 1.043.346,02 km², ou seja cerca de 50% da vegetação original. Ainda, segundo o PMDBBS, no período de 2008-2009 o Cerrado perdeu cerca 7.637km² da área de vegetação remanescente, já 2009-2010 a perda foi de 6.469km². Agora, em dados mais recentes disponibilizados pelo Greenpeace (2017) informam que entre os anos de 2013 a 2015 o Cerrado perdeu uma área de cobertura vegetal de cerca de 18.962km².

Em um contexto geral, os processos de mudança dos padrões de uso e cobertura da terra, especialmente a conversão de áreas naturais para áreas antropizadas, são exercidos em grande escala, principalmente em função da necessidade de expansão da fronteira agrícola, situação esta, também historicamente evidenciada no estado de Goiás, onde o desmatamento e a inserção de pastagens foram ações exercidas para o desenvolvimento da agricultura, principal atividade econômica após os esgotamentos das jazidas de ouro (MIZIARA, 2012), atividades estas consolidadas após a chegada de estradas e rodovias que viabilizaram o escoamento da produção (ESTEVAM, 2004).

A fase denominada ocupação histórica das áreas do Cerrado goiano, foi marcada pela chegada dos portugueses e a descoberta de metais preciosos na região. Posteriormente com entrada de Bandeiras, pelos colonizadores do Sudeste de Goiás em meados de 1726 a 1770. A partir disto, o Cerrado foi ocupado pelos exploradores que vieram a região em busca do ouro, além de outras atividades secundárias que começaram a desenvolver de forma subsidiária como é o caso das práticas agrícolas, que influenciaram a criação das primeiras aglomerações e conseqüentemente os primeiros povoados (MENDES, 2008).

A atividade agrícola iniciada nesse período era subsidiária a mineração, servia para a produção de alimentos para os colonizadores e escravos que habitavam a região. Conforme Silva (2009) em meados de 1780, as minas de ouro de Goiás entraram em declínio, ou seja, as jazidas de ouro estavam se esgotando. E com isto a população residente necessitava desenvolver outras atividades econômicas, então os colonos se dispersaram pela região do Cerrado e passaram a desenvolver a agricultura de subsistência e a pecuária. Assim, diversos produtos começaram a ser produzidos na região.

Em meados de 1930 inicia-se o processo denominado como a ocupação moderna do Cerrado Goiano. Os principais fatores que marcam este período foram a chegada da Estrada de Ferro em Goiás, a construção de duas capitais na região e os projetos do Governo de incentivo à produção. Todos estes fatores contribuíram com o avanço da fronteira agrícola na região, seja com a possibilidade de escoamento da produção, aumento de mão-de-obra ou com incentivos financeiros para a produção.

Diversos eventos, como a Marcha para o Oeste em meados de 1937, a construção de ferrovias e posteriormente rodovias, programas de incentivos do Governo para a agricultura, por volta de 1970 a 1990, contribuíram consideravelmente para a expansão da fronteira agrícola na área do Cerrado (ESTEVAM, 2004). Hoje, as atividades do setor agropecuário correspondem a 10,4% da composição do Produto Interno Bruto – PIB do estado de Goiás, além disso a produção de grãos do setor agropecuário de Goiás representa 9,5% da produção de grãos nacional segundo dados do Instituto Mauro Borges – IMB referente ao ano de 2015. A produção de culturas agrícolas do estado de Goiás é diversificada conforme pode ser visualizado nos dados da tabela 1.

Tabela 1: Estado de Goiás: principais produtos agrícolas -2018

Produto	Quantidade (Toneladas)	Participação Goiás/Brasil (%)
Cana-de-açúcar	76.082.607	11,08
Soja	11.369.134	9,74
Milho	8.691.532	10,73

Tomate	1.368.567	31,37
Sorgo	978.870	46,5
Feijão	325.100	10
Algodão herbáceo	100.802	2,11

Fonte: IBGE. Elaboração: Instituto Mauro Borges / SEGPLAN-GO.

Portanto, conforme dados apresentados, a produção de grãos configura-se como uma atividade fundamental para a economia de Goiás. Dentre a os municípios goianos que mais contribuem com o PIB do IMB de 2015, o município de Catalão ocupa a quinta colocação com uma contribuição de R\$ 5.679.221,00 referente à produção agrícola. Localizado no sudeste de Goiás, especificamente na Microrregião de Catalão, o município apresenta dois distritos: Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde.

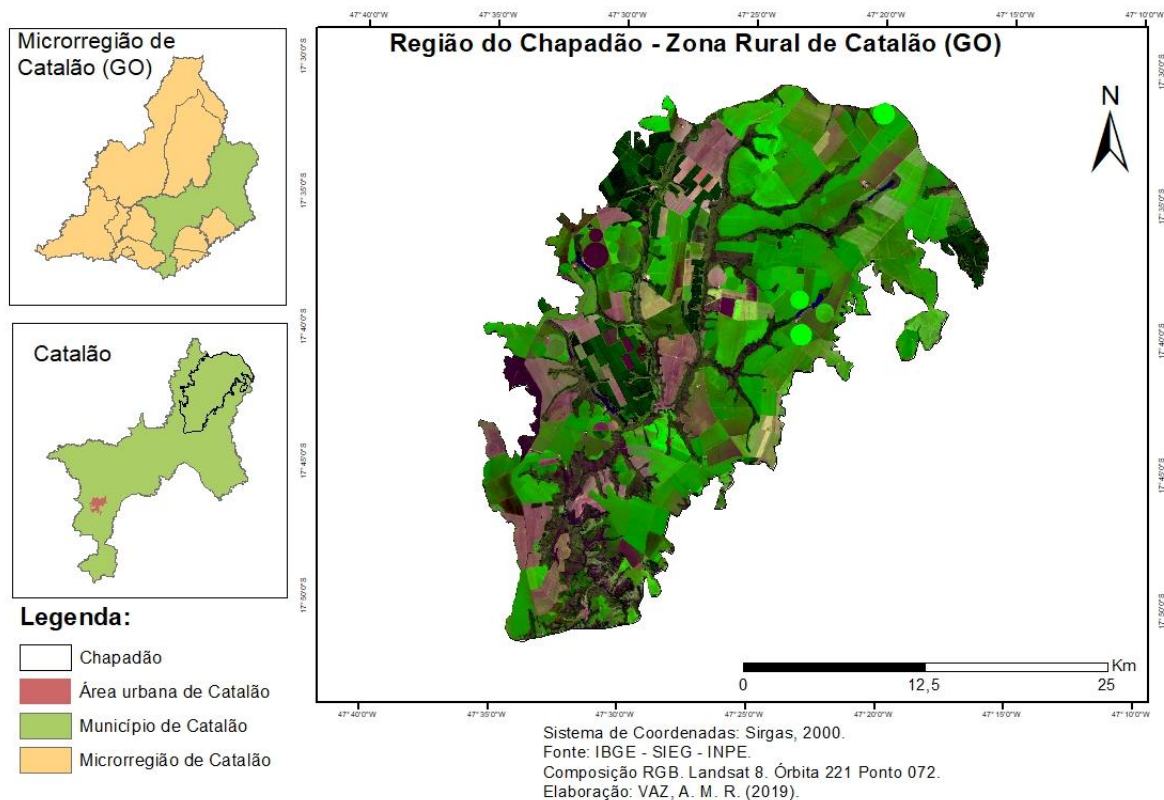
A economia do município de Catalão se destaca nos setores: industrial, serviços e comércio, mineração e agropecuária. Segundo o relatório do painel municipal de Catalão (IMB, 2016) o setor agropecuário representa cerca de 12,8% na participação da economia municipal, e está entre os grandes produtores de grãos do estado de Goiás, como por exemplo na produção de soja, trigo, milho, arroz, café, entre outros. A produção de grãos do município de Catalão ocorre sobretudo em uma área próxima a um dos distritos municipais, denominada de “Chapadão de Santo Antônio do Rio verde”. A tabela 2 apresenta dados referentes aos principais tipos de grãos produzidos no município de Catalão.

Tabela 2: Catalão: principais produtos agrícolas – 2017

Produto	Quantidade (Toneladas)
Soja	324.858,900
Milho	249.236,989
Sorgo	33.332,700
Cana-de-açúcar	3.383,03
Feijão	3.332,78

Fonte: IBGE, 2018. Adaptado por: VAZ, A. M. R. (2019).

Dentre os produtos agrícolas produzidos no município de Catalão, a soja e o milho se destacam em relação ao volume de produção. A região denominada “Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde” configura-se como uma área de destaque para a produção de grãos e um dos fatores principais é o relevo plano que favorece a agricultura mecanizada. A região do “Chapadão” está localizada na zona rural de Catalão conforme pode ser observado na figura 1.



localização

Figura 1: Localização da área de pesquisa.

O sensoriamento remoto se constitui de uma fonte regular para a obtenção de dados da superfície terrestre. A partir desses dados e da utilização de técnicas de geoprocessamento é possível realizar por exemplo, a determinação de padrões de uso das terras, além disso, permite a estimativa de área ocupada por culturas agrícolas, e também permite a geração e tratamento de assinaturas espectrais de índices de vegetação são associados a biomassa vegetal (TRENTIN, 2013).

Os índices de vegetação possuem o objetivo de melhorar o sinal da vegetação e ao mesmo tempo diminuir os efeitos do solo e da irradiação solar. A partir da observação multitemporal de índices de vegetação é possível representar as assinaturas temporais de cada tipo de cobertura vegetal. Essas informações se apresentam como uma metodologia para caracterização das coberturas vegetais com o intuito de caracterizar a sazonalidade e as transições da vegetação (ABADE, 2015).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo comparar a resposta espectral da vegetação da região denominada “Chapadão de Santo do Rio Verde” a partir do índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index - NDVI (Índice de Vegetação da diferença normalizada) no período anual de plantio e colheita de grãos que para o estado de Goiás ocorre entre outubro a abril. Os procedimentos metodológicos será comparação do NDVI com imagens de cores naturais feitas a partir da composição de bandas RGB para o período de outubro de 2018 a abril de 2019.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é realizar a análise e comparação da safra anual de grãos a partir da utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto, na região denominada “Chapadão de Santo Antônio do Rio Verde”, localizada no município de Catalão – Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos para a elaboração deste trabalho basearam-se na utilização de técnica de Sensoriamento Remoto denominada como índice de vegetação. Os índices de vegetação se desenvolveram para auxiliar no processo de monitoramento da vegetação, tendo como fundamento básico a combinação de dois ou mais comprimentos de ondas do espectro eletromagnético, designados para realçar determinada propriedade da vegetação objeto do estudo (FERREIRA; HUETE, 2004).

Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho e infravermelho próximo que realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com parâmetros biofísicos como biomassa, índice de área foliar (IAF) e percentual de cobertura vegetal utilizando-se imagens de sensores multiespectrais. Além disso, são comumente utilizados para avaliar aspectos sazonais de fitofisionomias e de biomas distintos em estudos regionais e globais (EPIPHANIO et al. 1986 apud ROSENDO, 2005).

Existem variados tipos de índices de vegetação, utilizados especialmente para a avaliação do comportamento espectral e para a análise multitemporal da vegetação, no entanto os mais utilizados são o Normalized Difference Vegetation Index - NDVI (Índice de Vegetação da diferença normalizada) e o Enhanced Vegetation Index - EVI (Índice de Vegetação Melhorado). O NDVI é amplamente utilizado em diversos tipos de estudos sobre a vegetação; já o EVI tem a finalidade de atenuar os efeitos do solo e da atmosfera sobre o monitoramento da vegetação (CHAVES, 2013).

O NDVI é fundamental para compreender o ciclos sazonais e o comportamento espectral da vegetação, além do mais, possui a propriedade de normalizar os resultados dos dados entre -1 a +1, em que quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal, o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação, ou seja, representa superfícies não vegetadas, sendo assim, é possível limitar a extensão dos valores que vão de -1 a +1, normalizando o efeito de aumentar os valores altos e comprimir os valores baixos (ROSENDO, 2005).

O NDVI pode ser expresso segundo Meneses (2012) pela diferença entre energia refletida no vermelho próximo e vermelho, normalizado pela soma das bandas conforme equação 1:

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (1)$$

Sendo que:

IVP= energia refletida na região do vermelho próximo;

V= energia refletida na região do vermelho.

A partir do entendimento dos conceitos de ambas as técnicas de Índice de Vegetação, passou-se a aplicação do procedimento metodológico na área de estudo, a partir do seguinte roteiro sistematizado:

1 – Foi definido a utilização do senso OLI do satélite Landsat 8. E para processamento dos dados foi utilizado o software Arcgis versão 10.5;

2 – Download das bandas 3, 4 e 5 que necessárias para processar os índices de vegetação e para composição RGB. As imagens sensor OLI do satélite Landsat 8 e foram disponibilizadas pelo catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE;

3 – Em seguida as bandas foram recortadas para a área de estudo que consiste na região do Chapadão com a utilização da ferramenta “Extract by mask”;

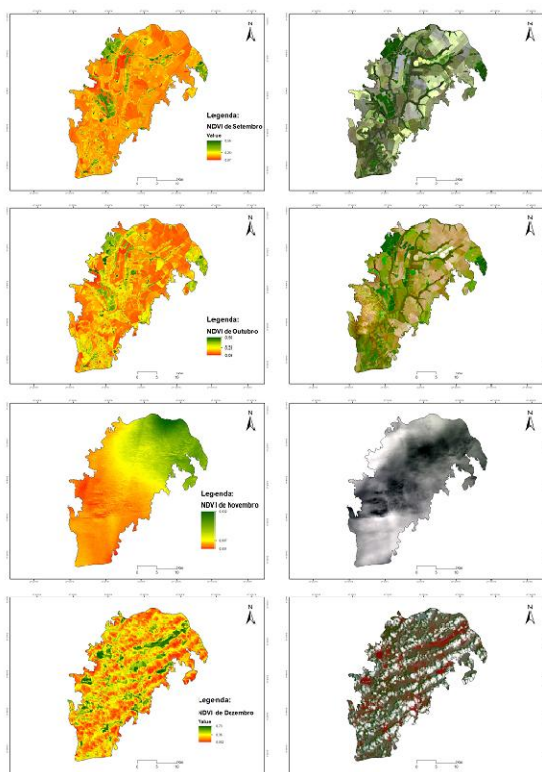
4 – Posteriormente foi processado o NDVI através da ferramenta “Raster calculator” pela fórmula do próprio índice: $NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$;

5 – Em seguida foi realizado a composição RGB com a utilização da ferramenta “Raster Calculator” e das bandas 3, 4 e 5 de cada imagem.

6 – Por fim realizou-se a análise e comparação dos índices de vegetação com as imagens RGB do período de outubro de 2018 a abril de 2019

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados apresentados na tabela 2 o grãos que apresentaram maior volume de produção no município de Catalão foram a soja e o milho. Sendo assim, utilizou como referência o calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil elaborado pelo Conselho Nacional de Abastecimento – CONAB, em que verificou –se que o plantio da soja em Goiás deve ocorrer entre os meses de setembro a dezembro e a colheita de janeiro a abril. Então para a realização dos índices de vegetação foram escolhidas imagens do período da safra anual da soja em Goiás, especificamente por ser o grão com maior volume de produção de Catalão. Sendo assim para a realização do foram utilizadas imagens das seguintes datas: 06-09-2018; 08-10-2018; 09-11-2018; 11-12-2018; 12-1-2019; 13-02-2019; 01-3-2019; 02-04-2019. Então foram gerados o NDVI e a composição RGB de cada imagem do período de outubro a dezembro de 2018 conforme é apresentado pelo mosaico 1.



NDVI plantio

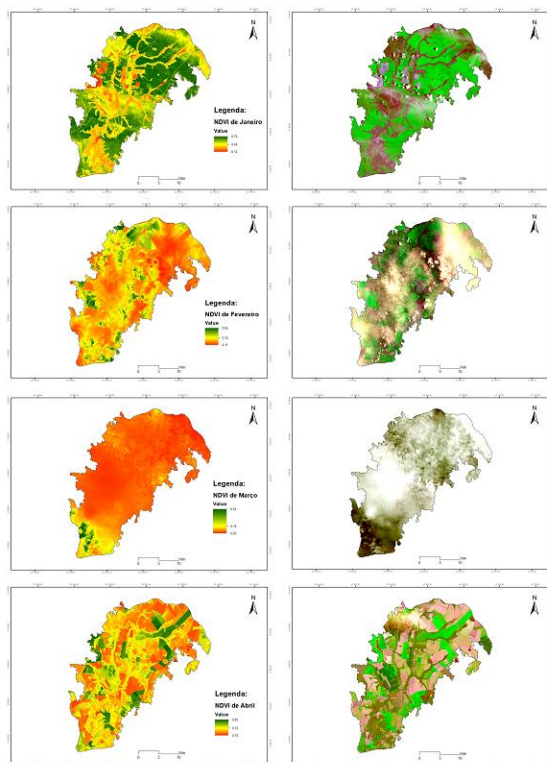
Mosaico 1: NDVI e composição RGB do período de outubro a dezembro de 2018.

Como o Landsat 8 apresenta uma resolução temporal de aproximadamente 16 dias foi escolhido dentre as duas imagens disponíveis para cada mês, a imagem que menos apresentasse nuvens. Todavia meses como novembro, dezembro, fevereiro e março as duas imagens disponíveis no catalogo tinha a presença de nuvens, impossibilitando e/ou dificultando a visualização dos objetos terrestres e do índice de vegetação.

Em geral é possível analisar através da comparação das imagens de NDVI com as imagens da composição RGB a resposta espectral da vegetação referente ao período de plantio de grãos. Portanto no período de plantio de soja no município de Catalão pode-se visualizar que há um predomínio das cores vermelho e amarelo no NDVI dos respectivos meses. Essa resposta espectral está relacionado com o período de plantio da soja em que normalmente ocorre o preparo do solo e por isso a inexistência da vegetação e

consequentemente a ausência da atividade fotossintética. No entanto dentre os meses desse período essas características são visualizadas principalmente nos meses de setembro e outubro, pois nos meses de novembro e dezembro a presença de nuvens dificultou a representação do NDVI como pode ser visualizado na composição RGB. Todavia nas localizadas entre as nuvens da imagem de dezembro identifica-se o NDVI amarelo, assim como nos meses anteriores.

Em seguida será apresentado o mosaico 2 que retrata os dados de NDVI e da composição RGB de cada imagem do período de janeiro a abril de 2019.



NDVI colheita

Mosaico 2: NDVI e composição RGB do período de janeiro a abril de 2019.

Agora, em relação ao período de colheita (janeiro a abril) da soja no município de Catalão a resposta espectral da vegetação apresentou coloração do NDVI diferente do período de plantio. É possível visualizar principalmente na imagem de janeiro a predominância de cores verdes, ou seja atividade fotossintética da vegetação foi alta nesse mês na região do Chapadão. E isto se dá pelo fato de que a soja já atingiu maior porte e consequentemente a biomassa vegetal também foi maior. Nos meses de fevereiro e março há também a presença de nuvens que dificulta a análise da atividade fotossintética da soja. No entanto no mês de fevereiro é possível observar na imagem do NDVI nas áreas que não possuem nuvens a presença de cores verdes, ou seja, a atividade fotossintética registrada nesse mês também foi alta.

Logo no mês de abril visualiza-se o predomínio da cor amarelo, pois vale ressaltar que o mês de abril encerra o período de colheita de soja e consequentemente a atividade fotossintética é reduzida, e isto pode ocorrer tanto pelas áreas que já tiveram a soja colhida, tanto pelas áreas em que a soja iniciou o processo de senescência que segundo Wener et al (2015) consiste na “degradação da clorofila e proteínas, seguida do declínio da taxa fotossintética, aumento da respiração celular, modificações no metabolismo oxidativo, além de alterações no metabolismo secundário”, ou seja, a redução de elementos que promovem a atividade fotossintética da soja.

Como na região do Chapadão há predominância de cultivos de grãos verifica-se uma grande quantidade de pivôs centrais. Então como os pivôs apresentam a irrigação mecanizada durante até mesmo os períodos de seca, é possível identificar a resposta espectral desses objetos em especial no período de plantio (setembro a

dezembro). Sendo assim, conforme o a imagem do NDVI dos meses setembro e outubro, observa-se a atividade fotossintética alta representada pela cor verde, e isto ocorre devido a manutenção da irrigação que promove o crescimento dos cultivares e a biomassa vegetal.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Ao analisar os aspectos gerais da comparação do NDVI e das imagens RGB com período de plantio e colheita da soja, verifica-se que a resposta espectral da vegetação da região do Chapadão do distrito de Santo Antônio do Rio Verde correspondeu ao calendário de plantio nacional de grãos, especificamente da soja em Goiás. Além disso, foi possível identificar as diferenças da resposta espectral do período de plantio e do período de colheita dos grãos. Então a partir disso, pode se concluir que o NDVI é uma ferramenta fundamental para compreender o ciclo anual de plantio e colheita de grãos, especificamente da soja.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecemos ao apoio e incentivo da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Agradecemos também ao da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão - SEMMAC e ao Centro de Pesquisas Tecnológicas e Processamento de Imagem - CPTPI da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABADE, N. A. **Uso de séries temporais NDVI do MODIS para mapeamento da cobertura vegetal natural e exótica em uma região de transição cerrado-caatinga**. 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2015.

ANDRADES, T. O de; GANINI, R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. In: **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 21, p. 43-56, 2007.

CHAVES, M. E. D. et al. Utilização dos IV EVI e NDVI como ferramenta de análise da dinâmica da vegetação no Parque Nacional da Serra da Canastra – MG. **Anais**. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.

CONAB. **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil 2017**. v. 1. 2017 75 p. ISSN: 2318-6852. Disponível em: https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/21099_79625cc8ceb43fb85f49cea4961b0ea6 acesso em 14 de junho às 19h22min.

ESTEVAM, L. A. Agricultura Tradicional em Goiás. In: PEREIRA, A. A. (Org.). **Agricultura de Goiás: análise e dinâmica**. Brasília: editora UCG, 2004. p. 25-48.

FERREIRA, I. M. **O afogar das veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das veredas do Chapadão de Catalão (GO)**. 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

FERREIRA, L.G.; HUETE, A.R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10, p. 1837-1860, 2004.

GREENPEACE. **Nas mãos do mercado, o futuro do Cerrado: é preciso interromper o desmatamento**. 2017. Disponível em <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/ambientalistas-exigem-que-mercado-pare-o-desmatamento-do-cerrado/> acesso em 14 de junho de 2019 às 18h28min.

- HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.** (Special Issue) Remote Sensing of Environment, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.
- IBGE. Cidades. Censo Agropecuário. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, dados referentes ao censo agropecuário de 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalogo/pesquisa/24/0> acesso em 14 de junho de 2019 às 21h16min.
- IMB. Goiás visão geral. 2019. Instituto Mauro Borges, dados referentes à composição do produto interno bruto – 2015. Composição do PIB – composição do PIB 2015. Disponível em http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=145 acesso em 14 de junho de 2019 às 19h14min.
- IMB. Painéis Municipais IMB. Instituto Mauro Borges, dados referentes ao painel municipal de Catalão. Painéis Municipais – Sínteses Municipais. 2018. Disponível em http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1163:atal%C3%A3o-dezembro-2016&catid=217&highlight=WyJjYXRhbFw1MDBiM28iXQ==&Itemid=209 acesso em 14 de junho de 2019 às 20h38min.
- MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável na agricultura do Cerrado brasileiro.** Brasília: ISAEFGV/ECOBUSINESS SCHOOL, 2003. 54 p. Disponível em: <<http://iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIICA/RodrigoMarouelli.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- MENESES, P. R. Princípios de sensoriamento remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UNB, 2012, p. 1-33.
- MENDES, E. D. P. P. **Ocupação e produção no Cerrado goiano: do século XVIII ao XX.** In: FALEIRO, F. B. G. y NETO, A. N. L. D. F. (Ed.) IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais. 2008 Brasília/DF: Embrapa Cerrados.
- MIZIARA, F. Expansão da fronteira agrícola e mudanças no uso do solo na região Sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. **B. goiano.geogr.** Goiânia, v. 32, n. 1, p. 151-165, jan./jun. 2012.
- ROSENDO, J. S. **Índice de Vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS.** 2005. 130 f. (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- SILVA, E. B. da. **Taxas de desmatamento anuais no bioma Cerrado: uma análise a partir de dados Modis para o período de 2003 a 2007.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- TRENTIN A.B.; SALDANHA, D.L.; KUPPLICH, T.M. Análise Comparativa do NDVI Em Fitofisionomias Na Bacia Hidrográfica Do Rio São Marcos. **Rev. Geogr. Acadêmica** v.7, n.1, p. 5-16, 2013.
- VELASCO. V. **Marcha para o oeste.** Disponível em: <<https://www.infoescola.com/historia-do-brasil/marcha-para-o-oeste/>>. Acesso em: 2 jan. 2017.
- WERNER, F.; FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; AGUIAR E SILVA, M. A.; ZUCARELI, C.; PROCOPIO, S. O.; COELHO, A. E. Senescência foliar de soja cultivada em diferentes arranjos espaciais de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, 2015, Florianópolis. Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja: **anais.** Londrina: Embrapa Soja, 2015.

ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO OBTIDA PELO SATÉLITE TRMM PARA O NORDESTE PARAENSE

Camila Duane Correa Gaia¹; Carmen Grasiela Dias Martins²
Autor para correspondência: camilagaia7@gmail.com

¹UNESP; ²UFRA

RESUMO

O estudo do comportamento da precipitação em uma região é importante para o planejamento agrícola. Apesar de haver o monitoramento da precipitação por estações convencionais, além das falhas nos dados, o número de estações é pequeno para a extensão territorial de algumas regiões, como é o caso da Amazônia, sendo a estimativa de precipitação por satélites uma alternativa. O objetivo foi comparar as estimativas de precipitação mensal do satélite TRMM (produto 3B43 v6) com os dados das estações pluviométricas obtidos no site da ANA na Mesorregião Nordeste Paraense, no período de 2000 a 2016. Foram adquiridos dados de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) de 30 municípios do Nordeste Paraense, enquanto que os dados do satélite TRMM foram adquiridos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados foram analisados mensalmente e anualmente, sendo feita a validação dos dados do satélite TRMM (produto 3B43 v6) por cinco parâmetros estatísticos: o BIAS, o coeficiente de correlação de Pearson (r), o Erro Médio (EM), a Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ) e o índice de concordância (d). Os dados obtidos pelo satélite apresentam resultados satisfatórios e consistentes, mais evidente na análise anual, a correlação é forte e pode ser indicado para complementar informações de locais onde há poucas estações pluviométricas ou muitas falhas por meio de ajustes.

PALAVRAS-CHAVE: Pluviosidade; Amazônia; Chuvas Tropicais

ESTIMATION OF PRECIPITATION OBTAINED BY THE TRMM SATELLITE FOR THE NORTHEAST OF PARAENSE

ABSTRACT

The study of precipitation behavior in a region is important for agricultural planning. Although there is monitoring of the precipitation by conventional stations, beyond the data failures, the number of stations is small for the territorial extension of some regions, as is the case of the Amazon, being the satellite precipitation estimation an alternative. The objective of this study was to compare the monthly rainfall estimates of the TRMM satellite (product 3B43 v6) with data from the rainfall stations obtained on the ANA site in the Mesoregion Nordeste Paraense, between 2000 and 2016. Data were collected from rainfall stations of the Agência Nacional de Águas (ANA) from 30 municipalities in the Northeast of Paraense, while data from the TRMM satellite were acquired from the National Institute of Space Research (INPE). The data were analyzed monthly and annually, and the data of the TRMM satellite (product 3B43 v6) were validated by five statistical parameters: BIAS, Pearson correlation coefficient (r), Mean Error (EM), Root Mean Square Error (REMQ) and the concordance index (d). The data obtained by the satellite show satisfactory and consistent results, despite the overestimation of the precipitation, more evident in the annual analysis, the correlation is strong, and it can be indicated to complement information of places where there are few rainy seasons or many faults through settings.

KEY-WORDS: Rainfall; Amazon; Tropical Rains

INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento da precipitação em uma região é muito importante para o planejamento agrícola, pois, torna possível a realização do balanço hídrico e fornece informações sobre o armazenamento de água do solo. Além disso, o monitoramento pluviométrico é importante frente as mudanças climáticas causadas pelas alterações de uso e ocupação do solo, que alteram o ciclo hidrológico e geram impactos na disponibilidade dos recursos hídricos, tendo a Amazônia um papel muito importante no sistema climático dos trópicos (MARENGO; BETTS, 2011).

No entanto, os dados das estações convencionais utilizadas para estudos de variabilidade de precipitação apresentam falhas. Além disso, o número de estações é pequeno para a extensão territorial da Região Amazônica. Por isso, o uso de dados de precipitação obtidos por satélite se tornam interessantes para complementar os dados obtidos pelas estações pluviométricas, pois apresentam alta densidade temporal e espacial em regiões onde o acesso é difícil e não há dados consistentes (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2014).

O satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) foi lançado em 1997 pela NASA (National Aeronautics and Space Agency) e JAXA (National Space Development Agency of Japan) para monitorar as chuvas tropicais (NASA, 2018). Muitos trabalhos foram realizados para avaliar o desempenho das estimativas do satélite com bons resultados de caracterização dos regimes de chuvas. Pereira et al. (2013) avaliaram os dados do TRMM para o Brasil e obtiveram os melhores resultados de concordância, correlação e superestimação na Região Norte.

Almeida et al. (2015) avaliaram a estimativa do TRMM no Estado do Amazonas e concluíram que são uma boa fonte alternativa de dados para a precipitação na Região Amazônica. Massagli et al. (2011) utilizando dados de precipitação do satélite para a bacia do Rio Ji-Paraná (RO) chegaram à conclusão que a utilização de dados do satélite superiores a 10 dias apresenta boa correlação e podem ser utilizadas em regiões com escassez de postos pluviométricos. Leivas et al. (2009) avaliando dados obtidos do TRMM para o Estado de Manaus consideraram as estimativas do satélite consistentes e com boa acurácia.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Desta forma, o objetivo deste trabalho é comparar as estimativas de precipitação mensal do satélite TRMM (produto 3B43 v6) com os dados das estações pluviométricas obtidos no site da ANA na Mesorregião Nordeste Paraense, no período de 2000 a 2016.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Nordeste Paraense é uma das seis Mesorregiões do Estado do Pará (Figura 1), composta por 49 municípios, que por sua vez se divide em cinco microrregiões: Bragantina, Cametá, Guamá, Salgado e Tomé-Açu. O Nordeste Paraense corresponde a uma área de 83.316,02 km², sendo a mais antiga fronteira de colonização do Estado do Pará. O solo predominante é o Latossolo Amarelo de textura média, ácido e com baixa fertilidade, no geral. A mesorregião apresenta três bacias: Bacia do Atlântico, Bacia do Tocantins e Bacia do Amazonas. A rede hidrográfica é composta pelos rios: Capim, Guamá, Bujaru, Mãe do Rio, Irituia (EMBRAPA, 2016; CORDEIRO et al. 2017).

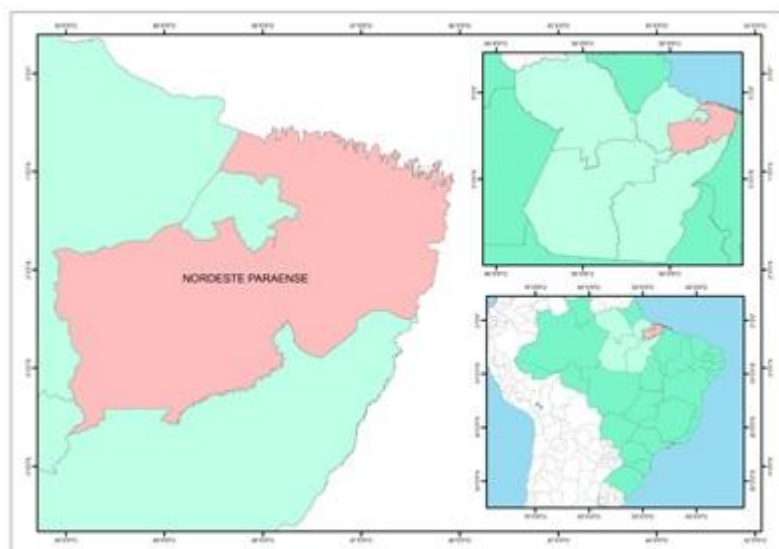


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

A classificação climática segundo Köppen é do tipo Am e Af, com instabilidade atmosférica menos acentuada. As microrregiões Bragantina, Guamá e Salgado são classificadas como Am e as microrregiões de Cametá e Tomé-Açu são do tipo Af, com a precipitação anual variando de 1750 a 3000 mm (ALVARES et al., 2014; CORDEIRO et al. 2017).

Aquisição de dados das estações pluviométricas foi realizada mediante o Portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA). Dos 49 municípios da mesorregião de estudo, 30 apresentam pelo menos uma estação com série de dados de interesse para a análise, como mostra a Tabela 1, totalizando 36 estações.

Tabela 1: Localização das estações pluviométricas utilizadas na área de estudo.

Município	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Código
Abaetetuba	Abaetetuba	-1.75	-48.87	148010
Acará	Acará	-1.96	-48.21	148009
	Fazenda Urucure	-2.45	-48.58	248001
Augusto Corrêa	Emborai	-1.29	-46.58	146010
Aurora Do Pará	Fazenda Jauará	-2.04	-47.75	247003
Baião	Baião	-2.79	-49.67	249003
	Joana Peres	-3.02	-49.8	349003
Bragança	Nova Mocajuba	-1.27	-46.89	146013
Cametá	Joana Coeli	-1.9	-49.4	149004
Capanema	Capanema	-1.2	-47.18	147002
Curuçá	Curuçá	-0.74	-47.85	47003
Igarapé-Açu	Igarapé-Açu	-1.13	-47.63	147010
Igarapé-Miri	Igarapé-Miri	-2.0	-48.9	148018

Ipixuna Do Pará	Fazenda São Raimundo	-2.43	-47.52	247004
Irituia	Colônia Santo Antônio	-1.66	-47.49	147011
Magalhães Barata	Magalhães Barata	-0.8	-47.6	47007
Marapanim	Maruda	-0.6	-47.7	47005
Mocajuba	Vila Do Carmo	-2.4	-49.4	249004
Moju	Vila Elim	-2.8	-49.38	249002
Nova Timboteua	Nova Timboteua	-1.2	-47.4	147019
Oeiras Do Pará	Oeiras Do Pará	-2	-49.86	149003
Ourem	Ourem	-1.6	-47.1	147016
Primavera	Primavera	-0.93	-47.1	47004
Salinópolis	Salinópolis	-0.62	-47.35	47002
Santa Luzia Do Pará	Santa Luzia Do Pará	-1.5	-46.9	146011
Santa Maria Do Pará	Santa Maria Do Pará	-1.4	-47.6	147018
São Domingos Do Capim	São Domingos Do Capim	-1.68	-47.77	147008
	Badajós	-2.51	-47.77	247000
	Fazenda Maringa	-3.15	-48.09	348001
São João De Pirabas	São João De Pirabas	-0.8	-47.2	47006
Tailândia	Tailândia	-3.0	-49.0	348002
Tomé-Açu	Tomé-Açu	-2.42	-48.15	248003
Vigia	Vigia	-0.87	-48.11	48006
Viseu	Tararua - Ponte	-1.73	-46.6	146005
	Alto Bonito	-1.82	-46.34	146008
	Viseu	-1.23	-46.19	146009

A localização das estações pluviométricas citadas na tabela pode ser observada na Figura 2a. No Portal Hidroweb foram adquiridos os dados de precipitação acumulada mensal para cada estação. Foram removidos meses com falhas e utilizados dados consistidos pela ANA. Na ausência desses, as séries temporais foram complementadas com dados não consistidos. A série temporal analisada foi de 2000 a 2016, devido aos dados disponíveis do satélite TRMM no site utilizado.

Aquisição de dados do satélite TRMM foi realizada por meio o Portal Series View do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que disponibiliza séries temporais de precipitação acumulada mensal do TRMM produto 3B43 v6, mediante a GES DISC DAAC (Distributed Active Archive System) da NASA para qualquer coordenada geográfica da América do Sul. O satélite possui resolução espacial de 0.25°, o que

corresponde a 28 km. A malha de pixels do satélite na área de estudo pode ser observada na Figura 2b, que possui 107 pontos centrais de pixels.

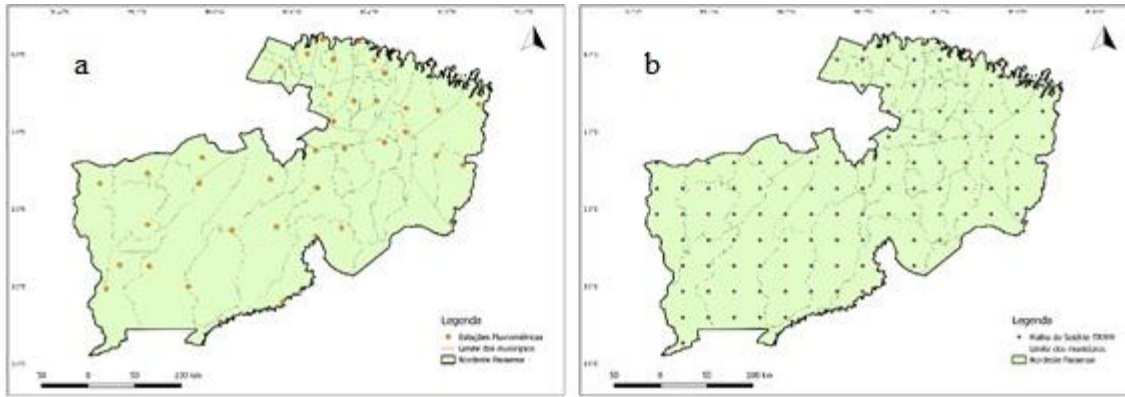


Figura 2: Localização das estações pluviométricas (a) e malha de pixels do satélite TRMM (b) no Nordeste Paraense.

Para ambos, foram elaboradas planilhas com dados mensais e anuais para a realização das análises estatísticas. A validação das estimativas do TRMM foi feita por cinco parâmetros estatísticos: o BIAS, o coeficiente de correlação de Pearson (r), o Erro Médio (EM), a Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ) e o índice de concordância (d). As equações de cada parâmetro estão descritas abaixo:

$$BIAS = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n Z}{n}}{\frac{\sum_{i=1}^n P}{n}} \quad \text{Eq. (132)}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P - \bar{P})(Z - \bar{Z})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P - \bar{P})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z - \bar{Z})^2}} \quad \text{Eq. (133)}$$

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n (Z - P)}{n} \quad \text{Eq. (134)}$$

$$REMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z - P)^2}{n}} \quad \text{Eq. (135)}$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Z - P)^2}{\sum_{i=1}^n (|Z - P| + |P - \bar{P}|)^2} \quad \text{Eq. (136)}$$

em que:

Z – estimativa de precipitação do satélite;

\bar{Z} – média da estimativa de precipitação do satélite;

P – estimativa de precipitação da estação pluviométrica;

\bar{P} – média da estimativa de precipitação da estação pluviométrica;

n – número de dados observados.

Com os dados médios de toda a série temporal analisada para cada estação foi elaborada a interpolação utilizando o método do inverso do quadrado da distância. Para isso foi utilizado o programa QGIS Desktop 2.18.25. A base de dados para a elaboração dos mapas foi obtida no site do IBGE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação entre os dados oriundos das estações pluviométricas com os estimados pelo satélite houveram diferenças entre a avaliação mensal e anual, com a tendência, na média geral, do TRMM superestimar os valores de precipitação da região.

Um resumo das análises estatísticas realizadas são apresentadas na Tabela 2. Na avaliação mensal, o coeficiente da correlação de Person foi de 1.00, o que indica uma correlação muito forte entre as estimativas do satélite e das estações pluviométricas. O BIAS superior a uma unidade indica que houve a tendência da superestimação da precipitação na maioria das estações. A diferença média mensal entre a precipitação obtida pelo satélite e das estações pluviométricas foi de 26.33 mm e REMQ de 91.22 mm, com índice de concordância de 0.97.

Tabela 2: Resumo das análises estatísticas realizadas.

Parâmetros estatísticos	BIAS	r	EM	REMQ	d
Mensal	1.14	0.998	26.33	91.22	0.97
Anual	1.13	0.76	311.88	1285.90	0.67

A avaliação mensal destes parâmetros em cada estação mostrou que para o BIAS variação foi de 0.89 a 1.94. Houve subestimação oito estações: Curuçá, Magalhães Barata, Mocajuba, Primavera, Salinópolis, São João de Pirabas, Vigia e em uma das estações de Viseu (146009). No restante das estações houve superestimação da precipitação pelo TRMM, com destaque para as estações de Baião (349003) e Bragança.

Para o coeficiente de correlação de Pearson a variação foi de -0.13 a 1. Os piores coeficientes foram apenas em três estações: Augusto Corrêa, Baião (349003) e Bragança. O restante obteve o coeficiente entre 0.96 e 1. Para o índice de concordância houve o mesmo comportamento, os valores variaram de 0.19 a 0.99, sendo

os piores resultados encontrados nas três estações citadas, o restante das estações se encontram entre 0.85 a 0.99.

O EM variou de -24.63 a 104.85 mm, com os maiores erros nas estações de Baião (349003) e Bragança. Da mesma forma, a REMQ variou de 0.76 a 363.23 mm, com os maiores valores para as mesmas estações.

Quando foi realizada a análise anual dos dados a superestimação do satélite se tornou mais evidente, por se tratarem do acumulado médio de chuvas durante os anos analisados. O coeficiente de correlação de Person caiu para 0.76 apesar de ainda apresentar uma correlação forte. O BIAS continuou indicando a superestimação. A diferença média anual entre as duas fontes de precipitação foi de 311.88 mm e o REMQ de 1285.9 mm, com índice de concordância de 0.67.

A comparação da precipitação média mensal e anual podem ser observadas nas Figuras 3 e 4. Nota-se que apesar da superestimação, o satélite TRMM consegue estimar bem o comportamento sazonal da precipitação, tornando-o útil para estudos de caracterização climática.

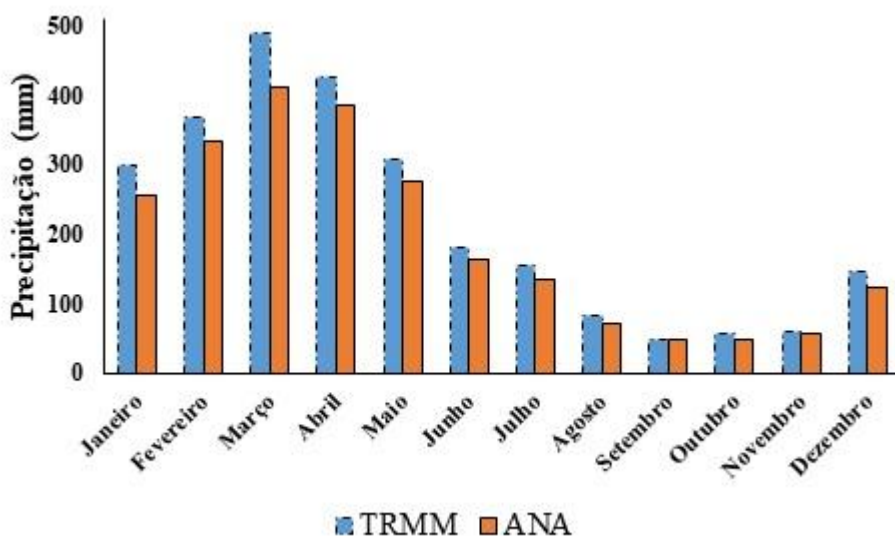


Figura 3: Precipitação média mensal obtida para a Mesorregião do Nordeste Paraense de 2000-2016.

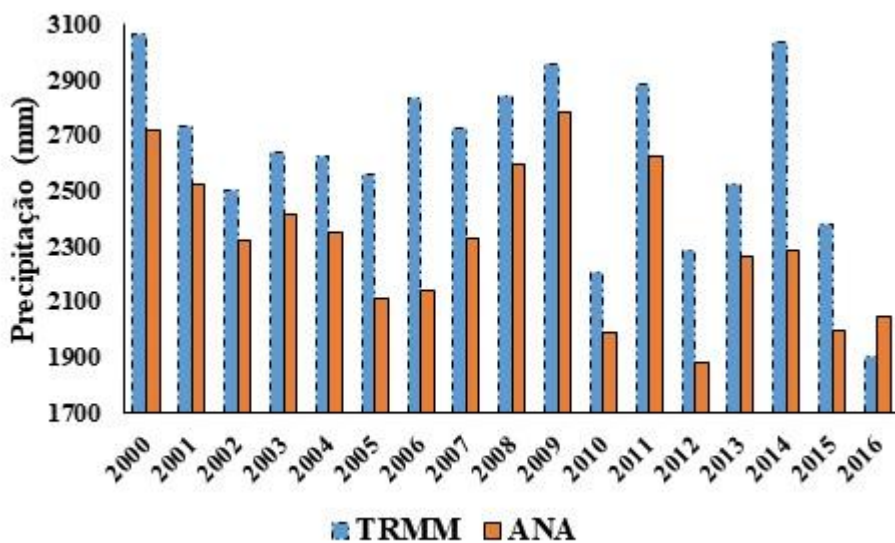


Figura 4: Precipitação média anual obtida para a Mesorregião do Nordeste Paraense de 2000-2016.

A Figura 5 mostra a precipitação anual entre as duas fontes de dados analisadas. A variação foi de 2.5 mm (0.1%) no município de Vigia até 1114.65 mm (-45.7%) em Bragança. Essas variações podem ser devidas as falhas que as estações pluviométricas apresentam, seja mensal ou anualmente, o que pode ocasionar os resultados superestimados do TRMM. Além disso, o imageamento do satélite é realizado a partir de uma

órbita polar, tornando algumas regiões mais frequentemente observadas do que outras (FRANCHITO et al., 2009).

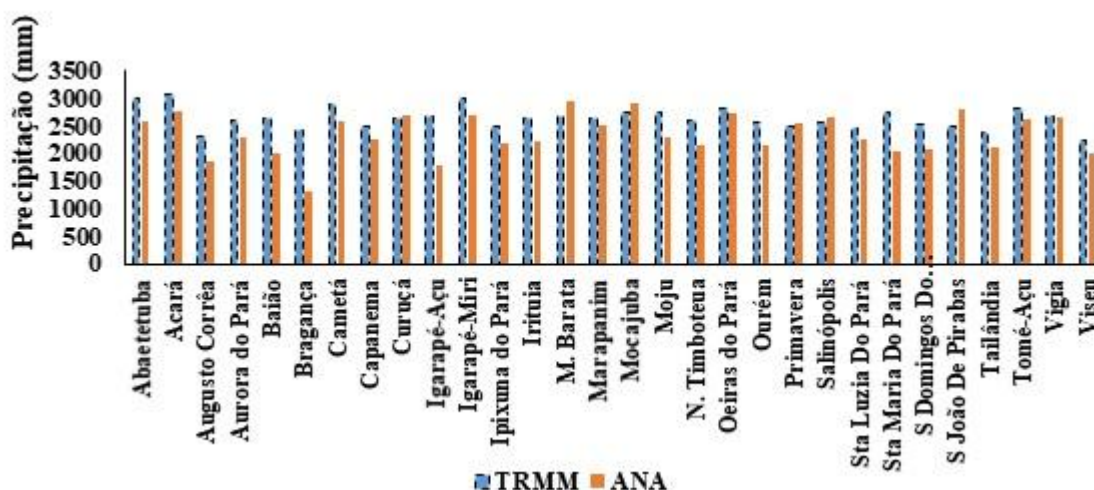


Figura 5: Precipitação média anual obtida para os municípios do Nordeste Paraense de 2000-2016.

Pereira et al. (2013) ao analisarem os dados do TRMM para o Brasil, obtiveram correlação linear de 97%, com superestimação mensal de 6% na Região Norte. Leivas et al. (2009) realizaram o estudo da estimativa de precipitação do satélite TRMM em Manaus e obtiveram boa correlação de 88%, com diferenciação entre a estação seca e chuvosa.

Massagli et al. (2011) ao analisar dados mensais do TRMM para a Bacia do Rio Ji-Paraná, em Rondônia, obtiveram o coeficiente de correlação de 0.73, indicando forte correlação quando comparado com dados decenal e diário, que apresentaram 0.49 e 0.13, respectivamente.

Almeida et al. (2015) avaliaram dados do TRMM para o Estado do Amazonas obtiveram o coeficiente de correlação de 0.83. No entanto, para algumas regiões houve a tendência do TRMM em subestimar a precipitação. Esses autores comentam que as diferenças entre os dados do satélite e dos pluviômetros pode ser consequência da diferença de escala entre eles, pois o dado de precipitação do satélite é uma média do tamanho do pixel enquanto que o pluviômetro é um dado pontual.

Para a observação espacial do comportamento dos dados obtidos pelas estações pluviométricas e pelo satélite TRMM foram elaboradas interpolações, como mostram as Figuras 6 e 7.

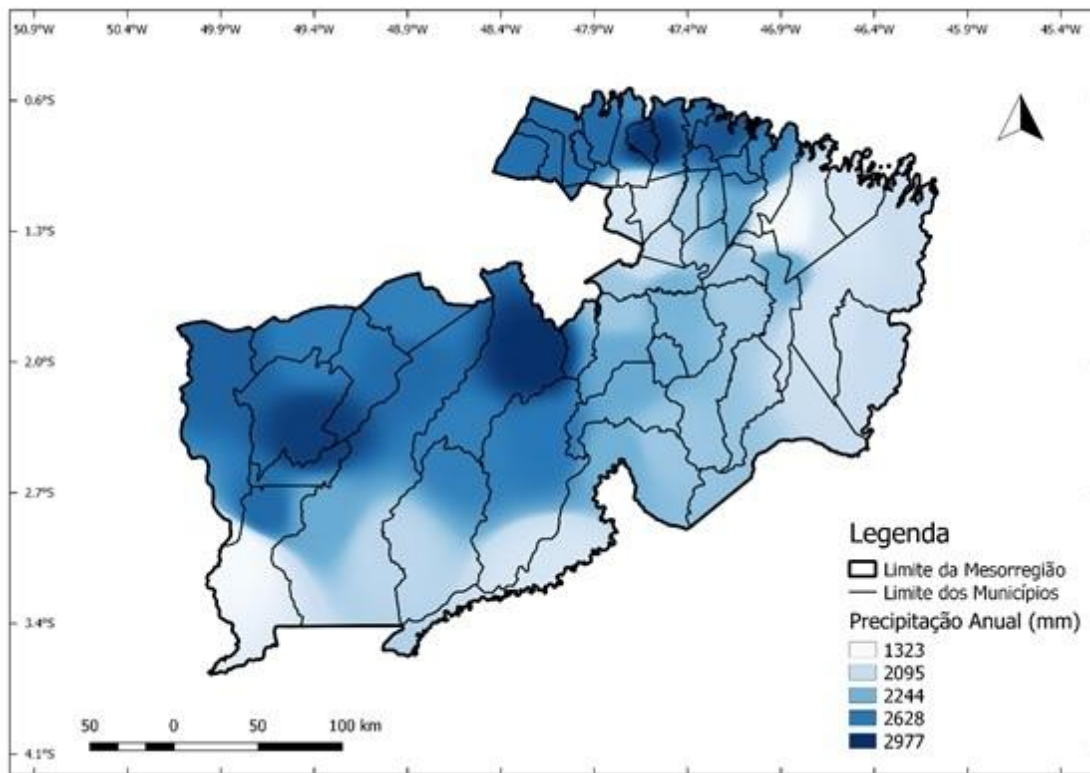


Figura 6: Precipitação média anual obtida com dados das estações pluviométricas.

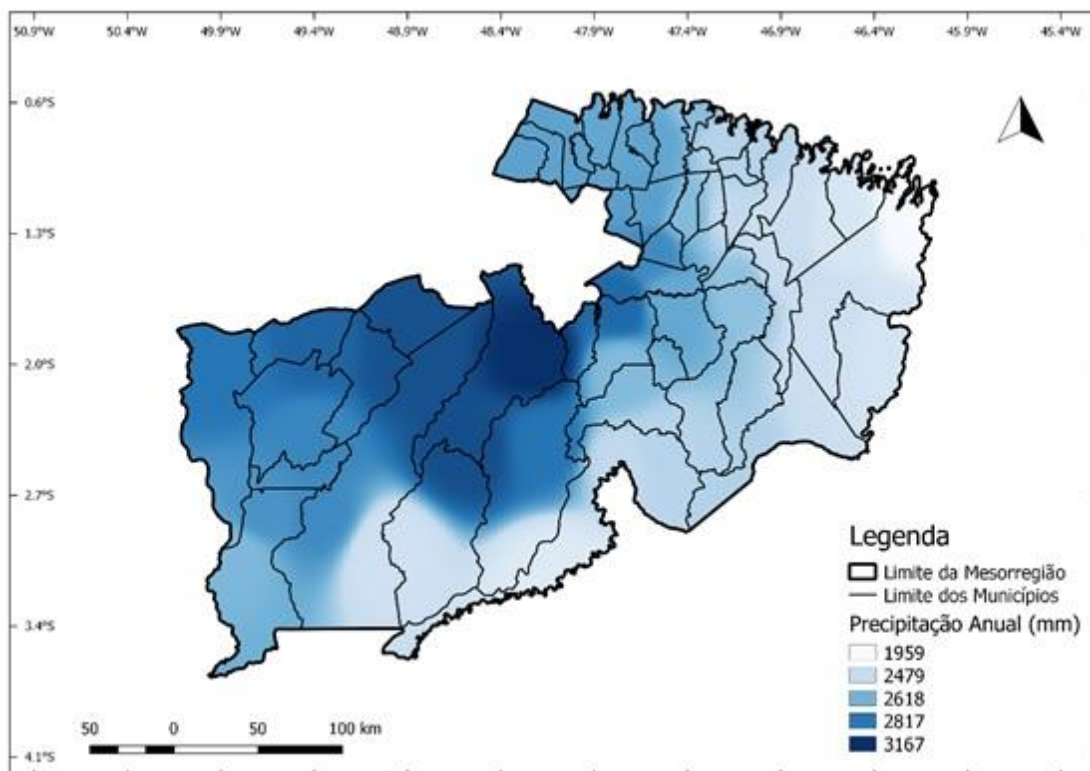


Figura 7: Precipitação média anual obtida com os dados do satélite TRMM.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os dados obtidos pelo satélite apresentam resultados satisfatórios e consistentes, apesar da superestimação da precipitação, mais evidente na análise anual, a correlação foi forte, e portanto, pode ser indicado para complementar informações de locais onde há poucas estações pluviométricas ou muitas falhas por meio de ajustes.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALMEIDA, C.T.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA JUNIOR, J.F.; GOIS, G.; CAVALCANTI, A. S. Avaliação das estimativas de precipitação do produto 3B43-TRMM do Estado do Amazonas. **Revista Floresta e Ambiente**, v.22, n.3, p.279-286, 2015.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map of Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711-728, 2014.

CORDEIRO, I. M. C. C. et al. (Org.). **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Belém: EDUFRA, 2017. 323 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapas de solos e de aptidão agrícola das áreas alteradas do Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental e Embrapa Solos, 2016. 19p.

FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.; VASQUES, A. C.; SANTO, C. M. E.; CONFORTE, J. C. Validation of TRMM precipitation radar monthly rainfall estimates over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v.114, n. D2, p. 1-9, 2009.

LEIVAS, J.F.; RIBEIRO, G. G.; SOUZA, M.B.; ROCHA FILHO, J. Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus. In: Simpósio de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009, p.1611-1616.

MARENGO, J.A.; BETTS, R. (Coord.). **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**. Análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. São Paulo: CCST-INPE; 2011.

MASSAGLI, G.O.; VICTORIA, D.C.; ANDRADE, R.G. Comparação entre a precipitação medida em estações pluviométricas e estimada pelo satélite TRMM. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 5., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: CIIC, 2011, 8p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE AGENCY (NASA). **TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission**. Disponível em: <<https://trmm.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, J.F.; DELGADO, R.C.; GOIS, G.; LANNES, A.; DIAS, F.O.; SOUZA, J.C. et al. Análise da precipitação e sua relação com sistemas meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Revista Floresta e Ambiente**, v.21, n. 2. P. 140-149, 2014.

PEREIRA, G.; SILVA, M.E.S.; MORAES, E.C.; CARDOZO, F.S. Avaliação de dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18, n.3, p.139-148, 2013.

ELABORAÇÃO DE MAPAS PLUVIOMÉTRICOS E TÉRMICOS: UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA POR MEIO DE UM PASSO-A-PASSO SIMPLES E PRÁTICO.

Nathalie Ribeiro Silva¹; Paulo Cezar Mendes²
Autor para correspondência: nathaliersilva@yahoo.com.br

¹Discente de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia-MG;; ²Professor Adjunto na Universidade Federal na Uberlândia-MG.

RESUMO

O uso das geotecnologias na espacialização das variáveis climáticas, como a precipitação e a temperatura são elementos de extrema relevância para as atividades tanto agropecuárias como urbanas que possibilita auxiliar nas tomadas de decisões, favorecendo um planejamento adequado de diversas atividades. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é auxiliar e guiar profissionais e estudantes na elaboração de mapas pluviométricos e térmicos, através da interpolação de dados pelo método de Krigagem (KRG) utilizando o *software* ArcGis 10.1. O trabalho contou com a preparação do banco de dados em planilha Microsoft Excel, a partir de dados fictícios de precipitação e temperatura, assim como as Estações climatológicas, e também a criação de uma área hipotética para a simulação e visualização de cada etapa. Para ilustrar a dinâmica dessas variáveis climáticas e realizar o mapeamento proposto no trabalho utilizou-se o *software* ArcGis versão 10.1 disponibilizado pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia-MG. Os mapas confeccionados demonstraram como ocorreu a distribuição espacial do comportamento da precipitação e da temperatura em toda a área de estudo hipotética. A utilização do método de Krigagem se mostrou satisfatória na espacialização dos dados climatológicos, de maneira que é possível integrar a geostatística e as geotecnologias na arte da cartografia. É de grande importância que as trocas de experiências na elaboração de mapas, como a criação de tutoriais, sejam compartilhadas a fim de disseminar o conhecimento e explorar as mais variadas formas de elaboração de mapas, utilizando os variados programas existentes para tal finalidade.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento climático; ArcGis 10.1; Krigagem

ELABORATION OF PLUVIOMETRIC AND THERMAL MAPS: A METHODOLOGICAL CONTRIBUTION BY MEANS OF A SIMPLE AND PRACTICAL TUTORIAL.

ABSTRACT

The use of geotechnologies in the spatialisation of climatic variables, such as precipitation and temperature are extremely important elements for both agricultural and urban activities, which makes it possible to assist in decision making, favoring adequate planning of various activities. In this sense, the objective of this work is to assist and guide professionals and students in the elaboration of pluviometric and thermal maps, through data interpolation using the Kriging method (KRG) using ArcGis 10.1 software. The work counted on the preparation of the database in Microsoft Excel spreadsheet, from fictive data of precipitation and temperature, as well as the climatological Stations, as well as the creation of a hypothetical area for the simulation and visualization of each stage. To illustrate the dynamics of these climatic variables and to perform the mapping proposed in the work, the ArcGis version 10.1 software was made available by the Institute of Geography of the Federal University of Uberlândia-MG. The maps show how the spatial distribution of precipitation and temperature behavior occurred throughout the hypothetical study area. The

use of the Kriging method proved to be satisfactory in the spatialization of climatological data, so that it is possible to integrate geostatistics and geotechnologies in the art of cartography. It is of great importance that exchanges of experience in mapping, such as the creation of tutorials, be shared in order to disseminate knowledge and explore the most varied forms of mapping using the various existing programs for this purpose.

KEY-WORDS: Climate mapping; ArcGis 10.1; Krigagem

INTRODUÇÃO

As atividades produtivas, tanto urbanas quanto rurais, são dependentes, dentre outros fatores, das condições climáticas vigentes em determinada região, por isso, continua sendo essencial conhecer as o comportamento das variáveis climáticas em determinado espaço e período do ano para o planejamento do espaço rural e urbano, maximizando de forma eficiente os investimentos de recursos públicos e privados nas atividades produtivas e de infraestrutura.

No meio rural, mesmo com a utilização das modernas técnicas de produção, tanto na agricultura como na pecuária, o clima ainda se configura como um fator determinante no que diz respeito à produção e a produtividade. Variações na precipitação e na temperatura ao longo ano, queimadas e geadas, possuem uma relação direta com as condições atmosféricas, sendo capazes, muitas vezes de forma imprevista, de arruinar qualquer sistema produtivo. No caso da criação de gado, o clima intervém tanto na atividade leiteira como na de corte; as condições de seca e os extremos da temperatura provocam prejuízos ao rebanho, como, a carência de água para sedentação dos animais, a qualidade nutritiva dos pastos, as alterações de suas funções fisiológicas, comprometendo a produção de leite e carne.

Dessa forma, os fenômenos naturais relacionados com a atmosfera, quando se apresentam como eventos extremos, como calor ou frio em excesso, ou ainda estiagens ou precipitações fora dos padrões normais, causam problemas tanto no meio urbano como no rural como a perda completa de um determinado tipo de cultivo ou prejuízo nas atividades agropecuárias exercidas no campo.

Nas diversas formas de análise ambiental, a ferramenta SIG tem sido amplamente utilizada, uma vez que esse atributo oferece mecanismos para combinação de várias informações, permitindo manipular e analisar um grande volume de dados, assim como realizar consultas, recuperação, visualização e representação de inúmeros dados, obtidos, calculados, georreferenciados, dentre outros. É nesse sentido que Rocha (2002, p. 210) cita que o geoprocessamento "é uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra áreas disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados."

Dias (et al., 2002) destaca que as técnicas e tecnologias de geoprocessamento são essenciais para o estudo e planejamento do território, incluindo os estudos ambientais. Para Alcantara e Zeilhofer (2006, p. 12) os procedimentos que envolvem o geoprocessamento são "voltados para o estudo específico através da coleta e tratamento de dados espaciais, o geoprocessamento auxilia na análise de ocorrências reais e no estabelecimento de propostas para a prevenção de eventos futuros".

Cada vez mais as técnicas de geoprocessamento e os SIGs estão sendo aplicados na análise, na definição e no monitoramento de diversas áreas, pois podem oferecer recursos para uma nova abordagem cartográfica por permitir auxiliar nas tomadas de decisões, favorecendo um planejamento adequado de diversas atividades.

Dentre os diversos *softwares* disponíveis atualmente para a confecção de mapas, como o QGis, Spring, GrassGis, Map Info, dentre vários outros, o ArcGis se destaca por ser um dos principais usados no mundo e por apresentar uma gama muito variada de possibilidades com constantes atualizações de suas versões,

“sendo uma poderosa alternativa para praticamente todas as soluções em geotecnologias.” (MARQUES, 2018)

Existem diversos métodos de interpolação de dados para analisar as variáveis climáticas, como o “Inverso da distância ponderada” (IDW), “Topo to Raster” e o método de Krigagem (KRG). O método de Krigagem de acordo com Gallardo (2006), possibilita relacionar a variabilidade da estimação baseada na distância existente entre um par de pontos, por meio do uso de um semivariograma, o qual verifica o nível de similitude que existe entre tais pontos, à medida que se afastam. É dessa maneira que a Krigagem se baseia em uma função contínua, que considera o comportamento de uma variável em diferentes direções de um espaço geográfico.

Para Wanderley (*et al.*, 2012) a vantagem da Krigagem é que este modelo de interpolação possibilita analisar a variância dos dados por meio da análise variográfica, o que evidencia a descontinuidade espacial da amostra. Além disso, o método também envolve uma série de técnicas de análise de regressão que busca minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio, levando em consideração a dependência estocástica dos dados distribuídos no espaço georreferenciado.

Técnicas de interpolação, como a Krigagem, “por apresentarem precisão e agilidade, permitem desenvolver práticas apropriadas e, até mesmo, medidas mitigadoras quanto às culturas e atividades implantadas em uma localidade, onde o clima influencia diretamente no desenvolvimento dos vegetais” (JUNIOR, *et al.*, 2012)

Diante da constatação de que o uso das geotecnologias na espacialização das variáveis climáticas, como a precipitação e a temperatura são elementos de extrema relevância para as atividades agropecuárias e de grande interferência na ocupação do espaço urbano e que ainda, o conhecimento acerca do comportamento dessas variáveis adquire cada vez mais importância para diversos tipos de planejamento, motivou o desenvolvimento deste trabalho, que busca auxiliar e guiar estudantes e pesquisadores a elaborarem, de forma prática e rápida, mapas que espacializam tais variáveis.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é auxiliar e guiar profissionais e estudantes na arte da elaboração de mapas pluviométricos e térmicos, através da interpolação de dados pelo método de Krigagem (KRG) utilizando o *software* ArcGis 10.1.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente o trabalho contou com a preparação do banco de dados com valores de Precipitação e Temperatura fictícios, assim como a localização de 5 (cinco) Estações Climatológicas (Quadro 1) e também a criação de uma “Área hipotética” para simular todo o passo-a-passo do desenvolvimento da elaboração do mapa. Os dados foram organizados em planilha do *Microsoft Office Excel*, versão 2016 (Figura 1)

Quadro 1: Localização das Estações Climatológicas Fictícias.

Estações / Coordenadas	Coordenadas Geográficas (grau, minuto,segundo)		Coordenadas Geográficas (números decimais)	
	X (longitude)	Y(latitude)	X (longitude)	Y(latitude)
Estação Fictícia 1	-50°50'16"	-19°50'16"	-50.837	-19.837
Estação Fictícia 2	-50°14'34"	-19°08'15"	-50.242	-19.137
Estação Fictícia 3	-49°22'36"	-18°54'43"	-49.376	-18.911
Estação Fictícia 4	-48°55'57"	-20°07'19"	-48.932	-20.121
Estação Fictícia 5	-48°03'29"	-18°57'11"	-48.058	-18.953

	A	B	C	D	E
1	X	Y	LOCAL	P	T
2	-50.837	-19.837	Estação Fictícia 1	130	26
3	-50.242	-19.137	Estação Fictícia 2	150	27
4	-49.376	-18.911	Estação Fictícia 3	250	28
5	-48.932	-20.121	Estação Fictícia 4	190	25
6	-48.058	-18.953	Estação Fictícia 5	300	24
7					
8					
9					

Figura 1: Organização dos dados em planilha do *Microsoft Office Excel*, versão 2016.

Para ilustrar a dinâmica das variáveis climáticas: precipitação e temperatura e realizar o mapeamento proposto no trabalho utilizou-se o *software ArcGis* versão 10.1 disponibilizado pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia-MG. Os mapas confeccionados demonstraram como ocorreu a distribuição espacial do comportamento da precipitação e da temperatura em toda a área de estudo hipotética. A área hipotética foi criada por meio da elaboração de um shapefile no formato polígono no próprio programa.

Durante a realização do passo-a-passo, foi feita uma simulação da elaboração dos mapas pluviométrico e térmico, e para destacar as visualizações de cada etapa utilizou-se a função do *Windows 10* “Ferramenta de Captura” a qual captura em forma de imagem tudo o que está presente na tela do computador.

A elaboração dos mapas foram realizadas no *ArcGis 10.1* com o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), o qual desde fevereiro de 2015 “é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil... O emprego de outros sistemas que não possuam respaldo em lei, pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas.” (IBGE, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, é necessário destacar que este tutorial foi desenvolvido para aqueles que já possuem um conhecimento prévio básico acerca da cartografia, das geotecnologias e de informática. Nesse sentido também, este passo-a-passo considera que o autor do mapa já tenha disponível em seu banco de dados, tanto a base cartográfica da área de estudo, como os dados climatológicos a serem interpolados, como por exemplo, os índices pluviométricos e térmicos, em planilha específica, no caso deste trabalho a ser exemplificado, do *Microsoft Office Excel*.

Num primeiro momento as orientações fazem algumas observações necessárias acerca dos dados existentes na planilha, e na sequência, o processo de elaboração do mapa no *software ArcGis 10.1*

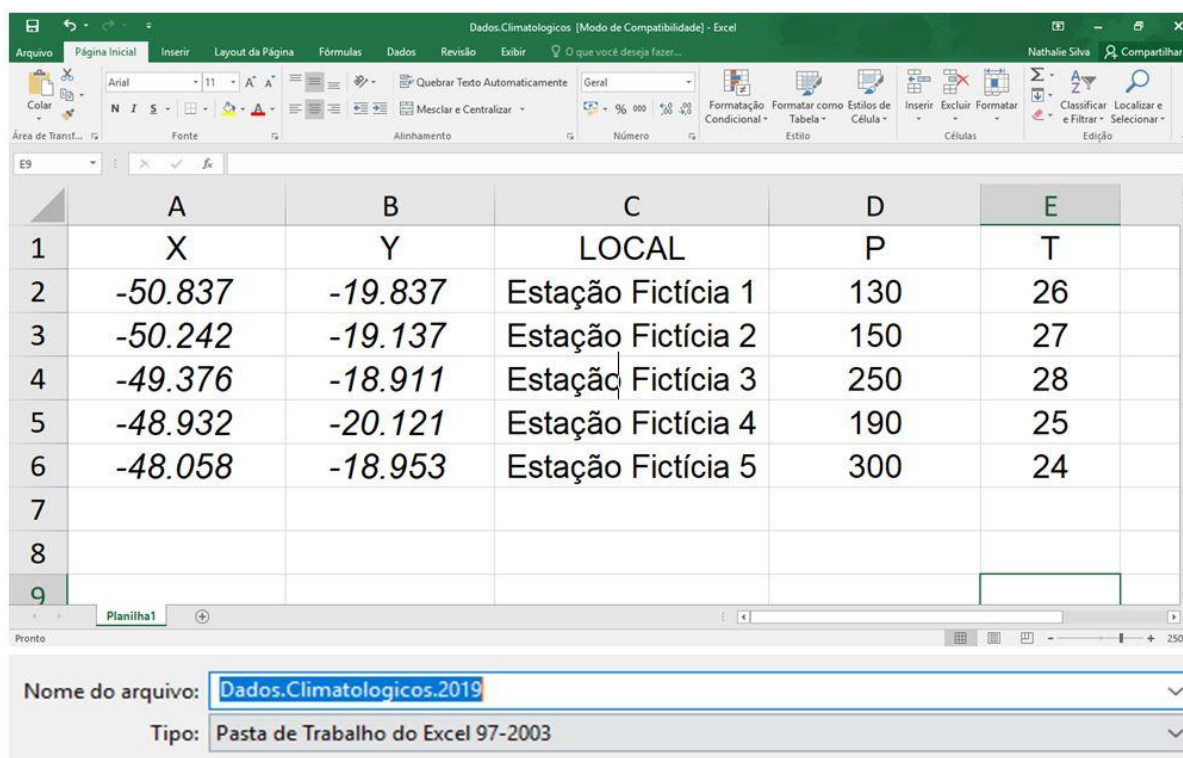
1º Passo – Converter as coordenadas geográficas das estações climatológicas.

Caso as coordenadas geográficas não estejam no formato de número decimais é necessário convertê-las para a leitura do *Software*. Para isso, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) criou a Calculadora

Geográfica no site <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>. Basta inserir os dados de entrada, as coordenadas geográficas e seu respectivo Datum, selecionar o Datum de saída, nesse caso foi utilizado o Sirgas 2000 e registrar o resultado.

2º Passo – Organizar os dados na planilha Excel.

Organize a planilha adicionando as coordenadas geográficas decimais, assegurando-se de que na coluna “X” esteja os dados longitudinais, e na coluna “Y” os dados latitudinais. Na coluna adiante a descrição do local que se refere tais coordenadas, e então os dados climatológicos representados pela letra “P” para os dados de precipitação e “T” para os de temperatura, outras variáveis climáticas podem ser adicionadas na sequência. Um detalhe importante para a correta “leitura” dessa planilha pelo *software* ArcGis 10.1 está na forma de salvamento deste arquivo: ao salvar selecione o tipo “Pasta de trabalho do Excel 97-2003” conforme mostra o exemplo da Figura 2.



The image shows a screenshot of Microsoft Excel with a table of climate data. The table has 5 columns labeled A through E and 9 rows. The data is as follows:

	A	B	C	D	E
1	X	Y	LOCAL	P	T
2	-50.837	-19.837	Estação Fictícia 1	130	26
3	-50.242	-19.137	Estação Fictícia 2	150	27
4	-49.376	-18.911	Estação Fictícia 3	250	28
5	-48.932	-20.121	Estação Fictícia 4	190	25
6	-48.058	-18.953	Estação Fictícia 5	300	24
7					
8					
9					

Below the table, the 'Save' dialog box is open, showing the file name 'Dados.Climatologicos.2019' and the file type 'Pasta de Trabalho do Excel 97-2003'.

Figura 2: Exemplo da disposição dos dados e do tipo de salvamento na Tabela Excel.

3º Passo – Configuração do Sistema de Coordenadas Geográficas no ArcGis 10.1.

Abra o ArcMap 10.1 no computador, e antes de iniciar os trabalhos da área de estudo e seus respectivos dados é necessário configurar já no início do projeto o Sistema de Coordenadas Geográficas. Utilizou-se, neste trabalho, o Datum SIRGAS 2000, da seguinte forma: localize na barra de ferramentas a aba “View”, acesse a opção “Data Frame Properties”, na janela aberta selecione a aba “Coordinate System”, expanda a pasta “Geographic Coordinate Systems”, em seguida a pasta “South America”, marque a opção “SIRGAS 2000” e clique em “OK” e em seguida “Aplicar” (Figura 3).

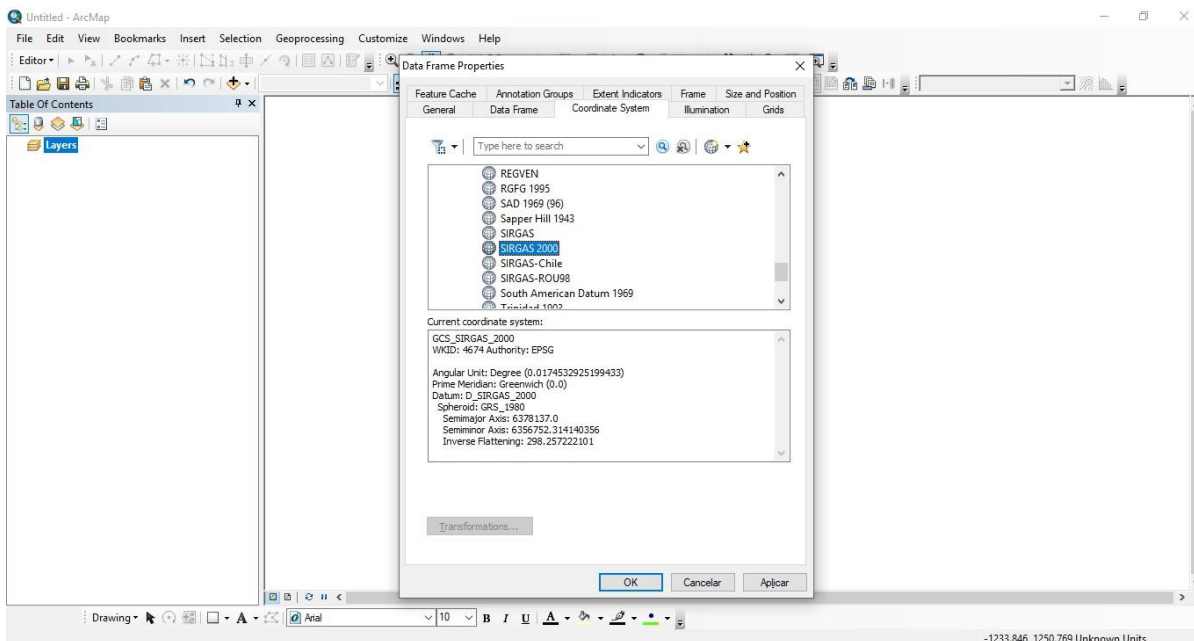


Figura 3: Configuração do Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum SIRGAS 2000.

4º Passo – Preparação da base cartográfica e dos dados climatológicos no ArcGis 10.1.

Base cartográfica da área de estudo: Na barra de ferramentas, clique no ícone “Add Data” e insira o *shapefile* da área desejada. Neste trabalho usou-se a “Área hipotética” como exemplo (Figura 4).

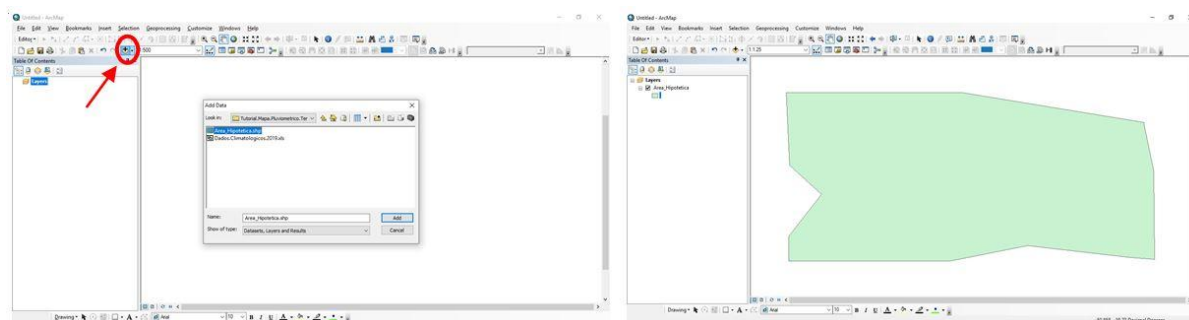


Figura 4: Inserção da base cartográfica da área de estudo.

Dados climatológicos da área de estudo: Na barra de ferramentas, selecione a aba “File” em seguida a opção “Add Data” e sem seguida “Add XY Data”. Na opção “Choose a table from the map or browse for another table” selecione a tabela criada no Excel dos dados climatologicos, em seguida adicione clicando em “Add” e em seguida “Planilha” e clique em “Add” para adicioná-la no layer trabalhado. Perceba que automaticamente o sistema “enxerga” as coordenadas geográfica X e Y que foram inseridas na planilha, e outra observação é que o Datum também é confirmado conforme foi configurado no início do projeto. Para finalizar clique em “OK”. Aparecerá uma mensagem com o título “Table does not have Object-ID Field” a qual informa que a tabela precisa ser transformada em shapefile. Clique em ok (Figura 5).

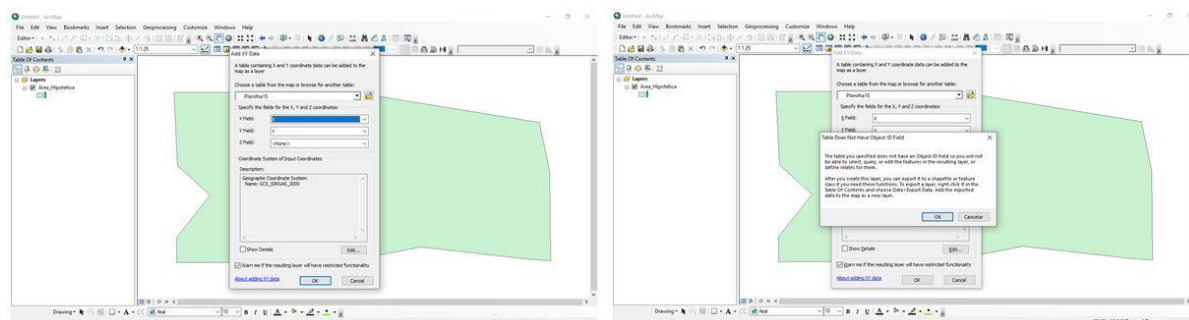


Figura 5: Inserção da tabela de dados climatológicos da área de estudo.

É possível perceber neste momento do trabalho que as coordenadas geográficas lançadas na planilha irão aparecer no layout do ArcGis em forma de pontos. No entanto esta planilha precisa ser transformada em shapefile (na forma de pontos). Para tanto basta clicar com o botão direito sobre a “Planilha” inserida, selecionar a opção “Data” em seguida “Export Data”. Será aberta a pasta onde os arquivos estão sendo salvos, ele solicitará que se crie um nome para esse novo shapefile. No exemplo deste trabalho criou-se o nome “dados_clima”, em seguida selecionar a opção “Save” e depois “OK” (Figura 6). Será perguntado “Do you want to add the exported data do the map as a layer”, clique em “Yes”. Assim que este shapefile é criado, será apresentado os pontos, ou seja os locais das Estações conforme suas coordenadas geográficas X e Y. Em seguida, exclua a “Planilha Events” para que não haja confusão com o shapefile criado, com o botão direito do mouse sobre a planilha, clique em “Remove”.

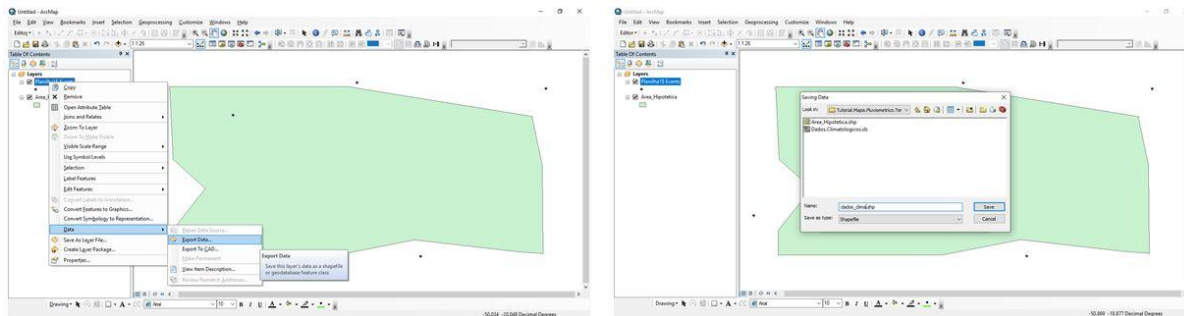


Figura 6: Transformação da planilha dos dados climatológicos em shapefile de pontos.

5º Passo: Interpolação dos dados climatológicos pelo método de Krigagem.

Clique no ícone ArcToolbox, extenda a guia “Spatial Analyst Tools”, em seguida “Interpolation” e depois na ferramenta “Kriging”. Na opção “Input Point Features” selecione o shapefile criado dos Dados Climatológicos e clique em “Add”. Veja que na opção “Z value field” é necessário selecionar variável, nesse caso climática, se deseja interpolar, nesse primeiro momento o valor inserido é o de “P”, ou seja, os dados de Precipitação. Na lacuna “Output surface raster”, é solicitando o local que será salvo o arquivo, salve na pasta de trabalho com o nome dessa variável (precipitação) clicando em “save” e em seguida “OK”. Na interpolação desses dados o *software* cria várias classes, sendo necessário organizá-las (Figura 7).

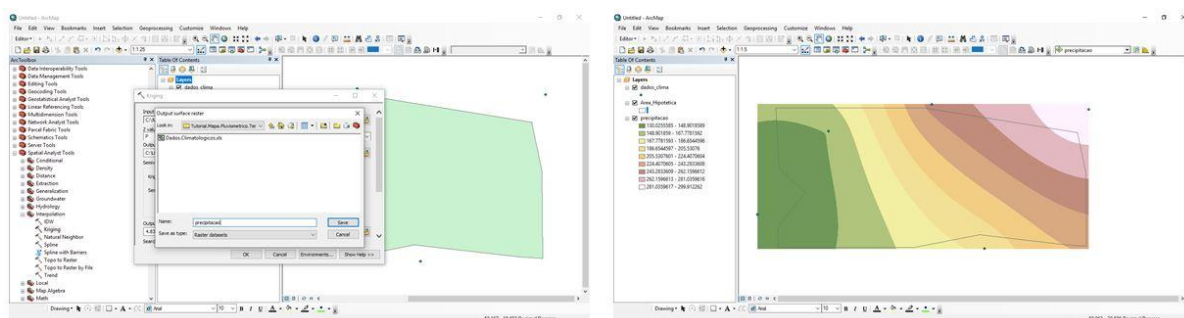


Figura 7: Interpolação dos dados climatológicos pelo método de krigagem.

Para inserir o número de classes pretendido, no “raster” criado pelo software (precipitacao), clique com o botão direito e selecione a opção “Properties”, na janela aberta clique na aba “Symbology”, em seguida no ícone “Classify”. Na opção “Classes” insira o número de classes desejada. No caso deste trabalho, como a precipitação das Estações Fictícias variaram entre 130 e 300 milímetros, optou-se por criar então 4 classes (a primeira entre 100 e 149 mm; a segunda classe, entre 150 e 199 mm; a terceira entre 200 e 249 mm e a quarta e última classe, entre 250 e 300 mm). Na coluna descrita “Break Values” coloque o valor final de cada classe (exemplo: 149, 199, 249 e 300) e clique para finalizar em “OK”. Selecione a cor em “Color Ramp” e em “Label” insira as classes como deseja que seja mostrado na legenda do mapa, em seguida clique em “Aplicar” e “OK” (Figura 8).

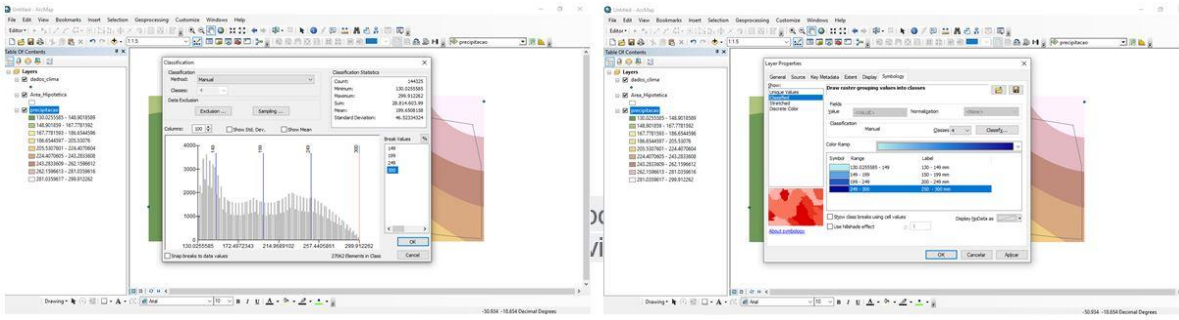


Figura 8: Classificação da variável climática.

Assim que a nova classificação for feita, pode-se conferir se as cores correspondem aos dados de sua tabela, para isso basta usar o ícone “Identify” sobre o ponto da estação plotada no mapa e conferir se o valor do dado analisado (nesse caso, a precipitação) confere com a cor seleccionada (Figura 9).

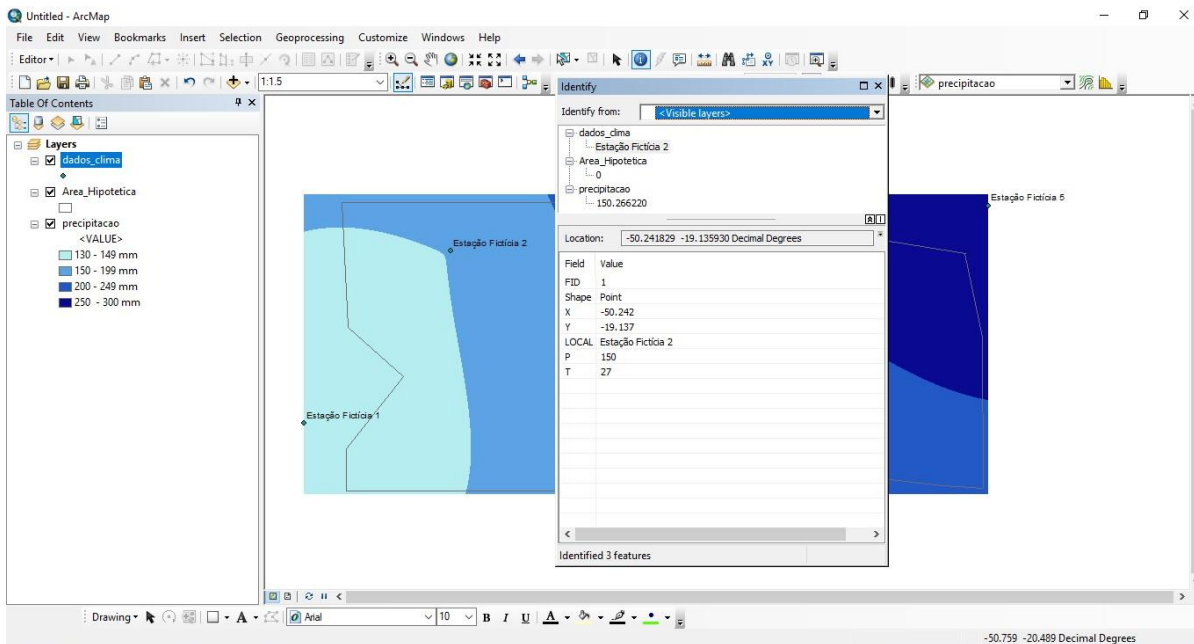


Figura 9: Conferência da classificação de acordo com os dados da planilha.

6º Passo: Ativar a função Buffer Wizard.

Para que a interpolação dos dados seja mostrada apenas no interior da área de estudo é necessário ativar o Buffer Wizard. Caso essa função não esteja ativa na barra de ferramentas do ArcGIS é necessário inseri-la. Com o botão direito na barra de ferramentas selecione a opção “Customize” (última opção de toda a aba), na aba “Commands” digite: “Buffer wizard”. Assim que ele aparecer na tela, arraste o ícone “Buffer Wizard” para a barra de ferramentas. Clique no ícone “Buffer Wizard”, na opção “The feature of a layer” coloque o shapefile da área de estudo (exemplo nesse caso: Área hipotética), e clique em avançar. Em “At specified distance” especifique a distância, nesse caso usou-se 500 km e clique em “Avançar” até concluir salvando o Buffer da área de estudo na pasta de trabalho (Figura 10).

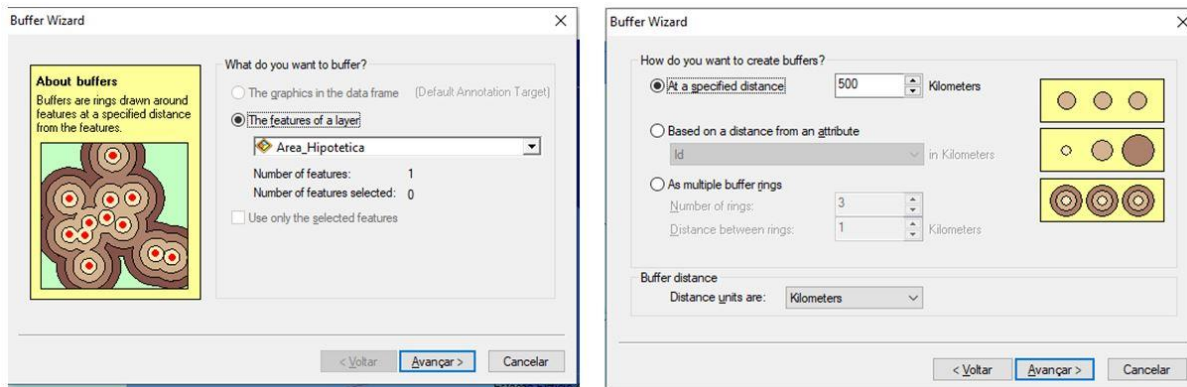


Figura 10: Buffer do shapefile da área de estudo.

O Buffer gerado normalmente surge com a cor marrom, altere esta cor para o branco clicando com o botão direito do mouse sobre o shapefile do buffer criado.

A interpolação da precipitação está pronta. A partir desse momento, deve-se partir para a criação do layout do mapa, clicando na opção “Layout View”, no canto esquerdo da área da elaboração do mapa, com suas respectivas informações: título, legendas, grades de coordenadas, datum, autor do mapa, etc (Figura 11).

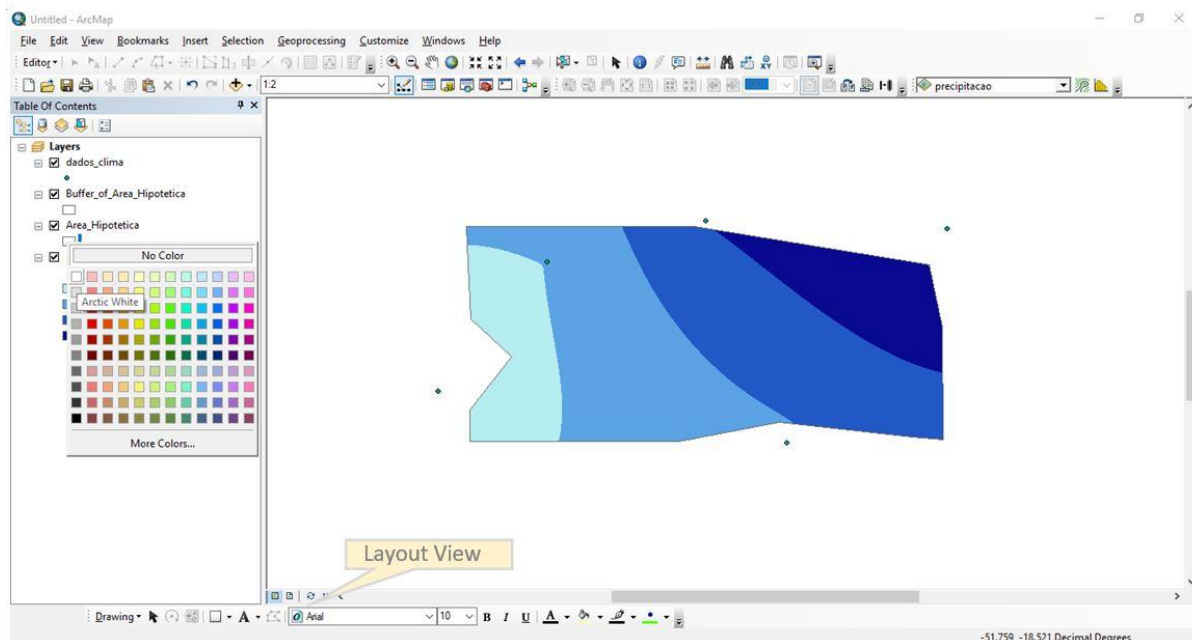


Figura 11: Ação do Buffer Wizard sobre a área de estudo e finalização da interpolação.

7º Passo: Criação do layout do mapa.

O Layout que o autor do mapa cria é algo pessoal, e cada autor organiza as informações conforme considere a melhor estética dessa ilustração. Na aba “Layout View” o autor já consegue visualizar como este mapa será apresentado. Para inserir o título, a seta norte, a legenda, a escala e referências da elaboração do mapa, deve-se acessar a opção “Insert” localizado na barra de ferramentas. Já para a inserção das grades das coordenadas geográficas, com o botão direito do mouse sobre o mapa acesse a opção “Properties”, e depois abra a aba “Grids” e selecione a forma desejada. Caso prefira mostrar no interior do mapa o nome das estações climatológicas, basta clicar no layer das Estações com o botão direito do mouse e ativar a opção “Label Features”. Caso apareça outra informação da tabela de dados, basta trocar qual informação deseja ser mostrada, com o botão direito do mouse selecione a opção “Properties”, selecione a aba “Labels” e escolha o dado a ser apresentado no campo “Label Field”. Na figura 12 observa-se uma sugestão após a elaboração do mapa de precipitação, onde a partir deste mapa criado inicia-se as observações e constatações pelo

pesquisador acerca da espacialização das precipitações no referido período analisado e na área de estudo em questão.

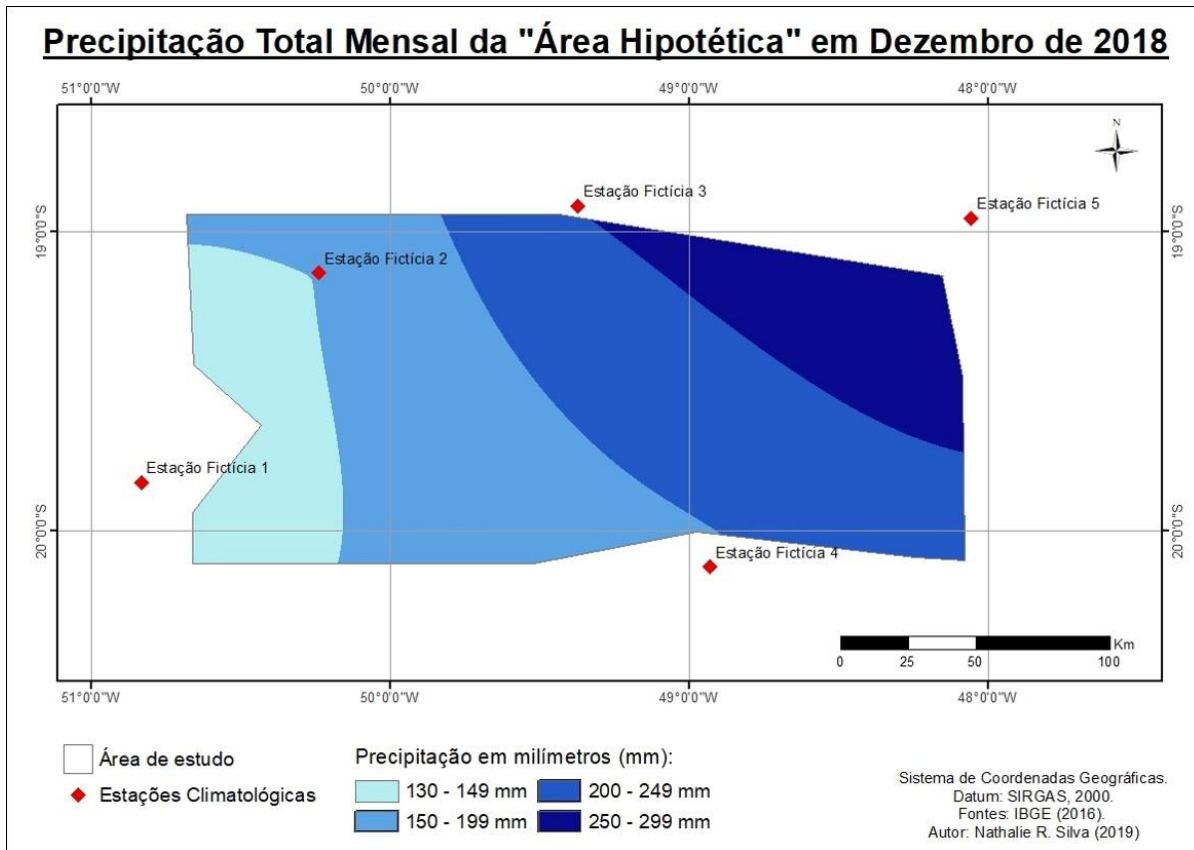


Figura 12: Mapa finalizado da variável climática: Precipitação.

Para a confecção do mapa térmico utiliza-se este mesmo passo-a-passo, entretanto basta alterar a variável climática no momento da criação do raster para "Temperatura", para isso, siga as instruções novamente a partir do 5º Passo para interpolar tais dados, ou seja, na opção "Z value field" selecione a variável "T" para que a interpolação dos dados térmicos seja realizado. O resultado dessa interpolação pode ser observado na Figura 13:

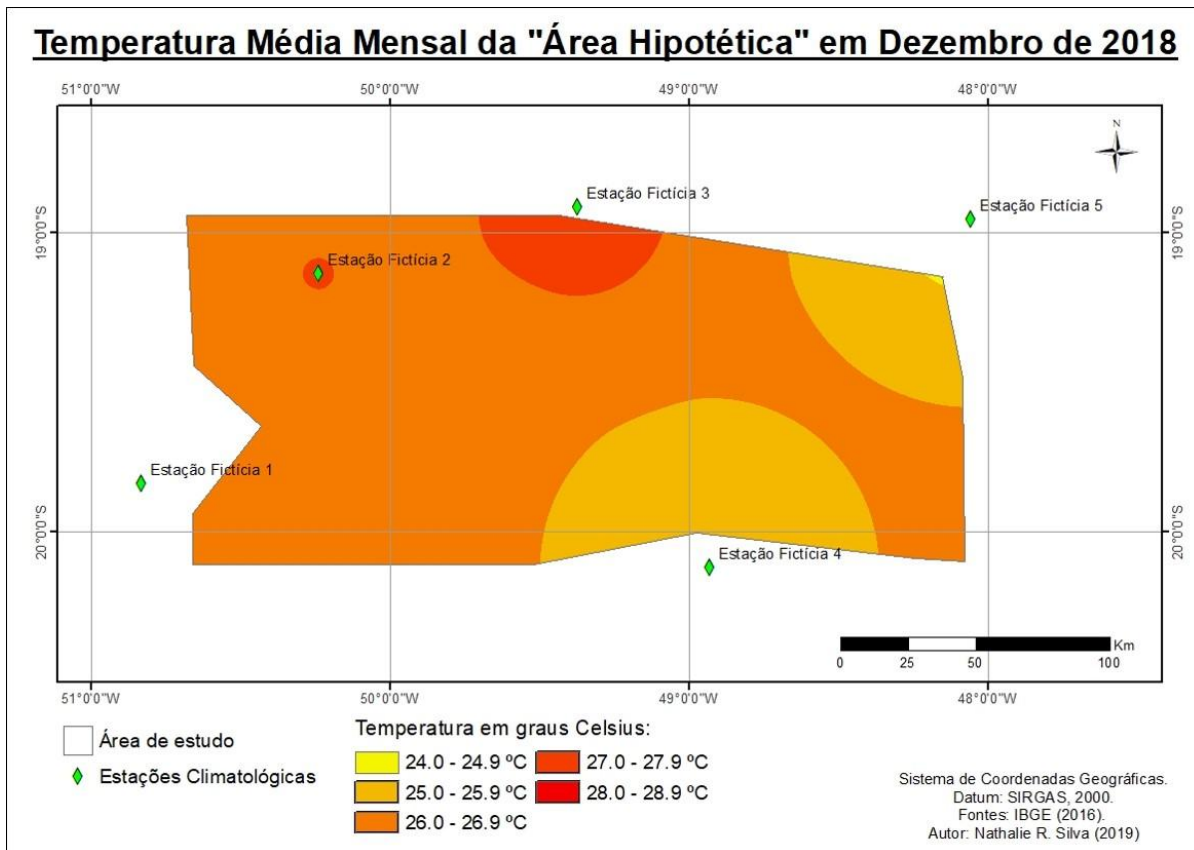


Figura 13: Mapa finalizado da variável climática: Temperatura.

Estes sete passos, portanto, se mostram como uma forma simples, prática e rápida para auxiliar os pesquisadores na elaboração de mapas climatológicos. Apesar do *software* ArcGis 10.1 se apresentar principalmente na língua inglesa, sua interface oferece as ferramentas de maneira clara. A desvantagem desse programa é em relação a sua licença. Por não ser um *software* livre e devido ao seu custo elevado, a maioria dos pesquisadores e estudantes conseguem usá-lo em instituições de ensino que o adquiriram, como algumas universidades ou empresas que trabalham com o seu uso.

De toda forma, o ArcGis enquanto um SIG é uma ferramenta que contribui significativamente para o tratamento de informações geográficas, notadamente no que tange a espacialização dos dados para interpretá-los, tendo como ponto de partida a tomada de decisões, servindo também para a gestão e o planejamento.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A interpolação via método de Krigagem se mostra satisfatória na espacialização dos dados climatológicos, de maneira que é possível integrar a geoestatística e as geotecnologias na arte da cartografia. Tal método é comum nesse tipo de uso e muito utilizado por diversos pesquisadores a respeito.

O desenvolvimento das tecnologias aliado às diversas formas de capacitação humana tem se tornado cada vez mais possível, descomplicando o aprendizado de pesquisadores e estudantes das mais diversas áreas, como da geografia, agronomia e da biologia.

É de grande importância que as trocas de experiências na elaboração de mapas, como a criação de tutoriais, sejam compartilhadas a fim de disseminar o conhecimento e explorar ao máximo as possibilidades de elaboração de mapas, contribuindo, nesse sentido, para um uso mais dinâmico dos programas já existentes.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALCANTARA, L. H.; ZEILHOFER, P. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso – Cáceres, MT.** Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.18-27. 11-15 novembro 2006.

DIAS, J. E.; GOMES O. V. DE O.; COSTA M. S. G. C. da; GARCIA J. M. P., GOES., M. H. de B.. **Impacto ambiental de enchentes sobre áreas de expansão urbana no município de Volta Redonda/Rio de Janeiro.** Rev. biociênc., Taubaté, v.8, n.2, p.19-26, jul.-dez. 2002. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/68/46>>. Acesso em: Jul. 2019.

GALLARDO, A. Geostatística. Ecosistemas, Mósteles, v. 15, n. 3, p. 1-11, 2006.

GARDIMAN JUNIOR, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. **Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES).** Ambiência Guarapuava (PR) v.8 n.1 p. 61 - 71 Jan./Abr. 2012 ISSN 1808 – 0251.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Geodésia.** s.d. Disponível em <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso em: Jun. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Calculadora Geográfica.** s.d. Divisão de Processamento de Imagens (DPI). Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>>. Acesso em: Jun. 2019.

MARQUES, A. **16 softwares populares para criar mapas temáticos.** 12 fev. 2018. Disponível em <<https://www.geoaplicada.com/blog/software-para-criar-mapas-tematicos/>>. Acesso em: Jun. 2019.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar.** Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2002.

WANDERLEY, H. S, AMORIM, R. F. C. & CARVALHO, F. O. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia.** v.27, nº3, p,347 - 354, 2012.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS E REMANESCENTES FLORESTAIS À PARTIR DE IMAGENS ORBITAIS DO SENSOR OLI

Oswaldo José de Oliveira¹; Jholian Maicon Ribeiro Santos²; Marcos Antônio da Silva¹; Luciana Carmona Malveze da Silva³; Renato dos Santos Resende Fortes¹
Autor para correspondência: ojolivei@yahoo.com

¹Instituto Federal de Mato Grosso, Campus São Vicente, MT; ²Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT;
³Universidade de Varzea Grande, Várzea Grande, MT

RESUMO

A região sul de Mato Grosso possui potencial agrícola para o cultivo de culturas anuais, que são estabelecidas em determinada época do ano e espécies florestais. O conhecimento do desenvolvimento fenológico das culturas em conformidade com o emprego de ferramentas que auxiliem no manejo, torna-se importante na tomada de decisão, maximização dos recursos e diluição dos custos ao produtor. Neste sentido, a utilização de técnicas de sensoriamento remoto pode auxiliar na compreensão dos aspectos de desenvolvimento das culturas, servindo como importante ferramenta no processo produtivo. O objetivo com este trabalho foi analisar o comportamento espectral das classes pré-definidas: Algodão, Milho, Eucalipto, Pastagem, Vegetação densa, Cerrado, Solo exposto e Água e a interação de cada classe com as faixas de comprimento de onda do sensor OLI. Para isso, foi realizado o processamento digital de imagem no software ArcGis 10.3, a partir de amostras de campo, coletadas na região do estudo. Conclui-se que as faixas espectrais do sensor OLI distinguiram as culturas agrícolas das demais classes, sendo estas melhor caracterizadas quando subdivididas em fases fenológicas e com maior precisão na faixa do infravermelho próximo.

PALAVRAS-CHAVE: Assinatura espectral; comportamento fenológico; Landsat-8

SPECTRAL BEHAVIOR ANALYSIS OF AGRICULTURAL CULTURES AND FOREST REMANESCENT FROM ORBITAL IMAGES OF THE OLI SENSOR DATA

ABSTRACT

The southern region of Mato Grosso has agricultural potential for the cultivation of annual crops, which are established at certain times of the year and forest species. The knowledge of the phenological development of the crops in accordance with the use of tools that assist in the management, becomes important in the decision making, maximization of the resources and dilution of the costs to the producer. In this sense, the use of remote sensing techniques can help in understanding the aspects of crop development, serving as an important tool in the production process. The objective of this work was to analyze the spectral behavior of the pre-defined classes: Cotton, Corn, Eucalyptus, Pasture, Dense Vegetation, Cerrado, Exposed Soil and Water and the interaction of each class with the wavelength ranges of the OLI sensor. For this, the digital image processing was performed in the ArcGis 10.3 software, from field samples, collected in the study region. It is concluded that the OLI sensor spectral bands distinguished agricultural crops from other classes, which are better characterized when subdivided into phenological phases and with greater precision in the near infrared range.

KEY-WORDS: Spectral signature; phenological behavior; Landsat-8

INTRODUÇÃO

O processamento de imagens no sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta importante no estudo de culturas agrícolas e a compreensão do comportamento espectral dos alvos é fator determinante na extração de informações e elaboração de estratégias que utilizem as técnicas de sensoriamento remoto como base. Para Rosa (2009), o comportamento espectral da vegetação depende de fatores atmosféricos, do solo, do índice de área foliar, do estado fenológico, biomassa, folha, geometria de medida, tipo de sistema sensor e cobertura da copa, assim, a interação entre o sensor e o alvo está condicionada a variáveis que atuam em diferentes áreas de produção. A região de Campo Verde – MT possui características edafoclimáticas aptas para a atividade agrícola de culturas anuais e no mesmo período do ano, diferentes espécies e fases de crescimento no campo, devido a espacialização da produção e manejo adotado pelos produtores.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se então analisar o comportamento espectral das culturas agrícolas e remanescentes florestais, a partir de dados orbitais do sensor OLI, na região de Campo Verde-MT

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no município de Campo Verde – MT, situada na região Centro-Oeste do Brasil, no sudeste Mato-grossense, com área de 4.795 km², localizada entre as coordenadas UTM (E) 663.172 m e (N) 8.239.959 m e (E) 776.954 m e (N) 8.348.174 m, Fuso 21 Sul. Para o processamento digital foram utilizados o mosaico da base cartográfica na escala 1:250.000 da SEPLAN-MT e imagem do satélite Landsat-8, órbita/ponto (226/071) de 24/05/2017, nos Softwares Spring 5.5.2 e ArcGis 10.3. Foram realizadas campanhas de coleta de dados com o uso de receptor GPS de navegação nas áreas a serem amostradas no dia 24/05/2017 (Figura 1), selecionando pontos com áreas representativas (classes temáticas) às margens da rodovia 070 e MT-140 (Figura 2), sendo coletadas 10 (dez) amostras de cada classe de uso da terra, para a obtenção de classes estatisticamente confiáveis, que podem variar de 10 a 100 *pixels* de treinamento por classe (INPE, 2017). Para o mapeamento temático foram selecionadas 11(onze) classes: Algodão, dividido em duas fases fenológicas distintas, sendo Algodão Fn (fase reprodutiva de abertura de flores) e Algodão Cn (fase reprodutiva com a formação de capulhos); Cerrado, Milho, dividido em três fases fenológicas diferentes de crescimento, sendo Milho R4 (milho em fase reprodutiva, estágio de grão pastoso), Milho R5 (milho em fase reprodutiva, aparecimento da linha do leite) e Milho MF (maturação fisiológica), Pastagem (áreas de pastagem com ou sem a presença de animais), Vegetação densa (áreas de preservação permanente), Solo exposto (sem presença de vegetação), Água (corpos d'água/lagos) e Eucalipto (áreas de produção comercial de *Eucalyptus spp.*). As assinaturas espectrais de cada classe foram geradas no software ArcGis 10.3 e para o estudo, foram utilizadas as médias aritméticas somadas e diminuídas pelo desvio padrão dos valores de refletância de cada classe.



Figura 1: Limite da área de estudo e pontos amostrais coletados no sentido das rodovias 070 e MT-140. Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde-MT, 2018.

Figura 1: Limite da área de estudo e pontos amostrais coletados no sentido das rodovias 070 e MT-140.

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde-MT, 2018.



Figura 2: Distribuição das amostras por classe na área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 2: Distribuição das amostras por classe na área de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens fotográficas e suas respectivas representações na imagem do sensor OLI, para cada classe podem ser observadas na figura 3.

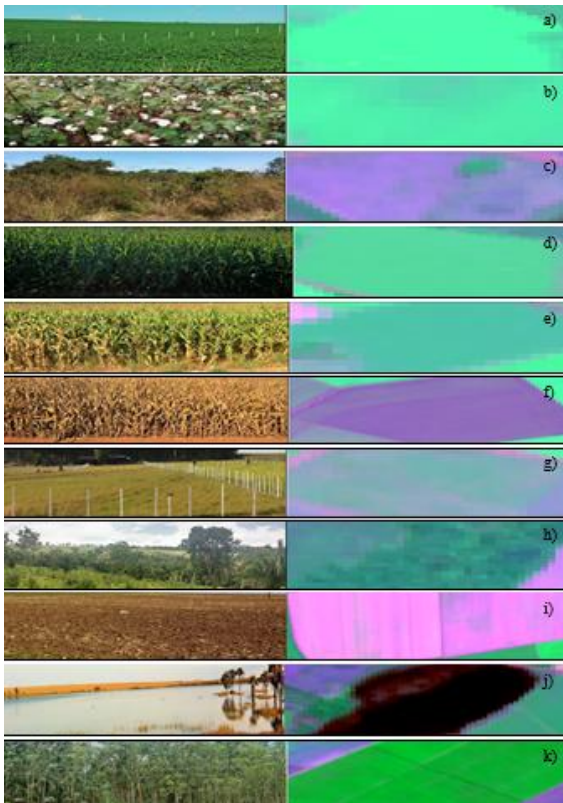


Figura 3: Imagem fotográfica (esquerda), Imagem do sensor OLI, órbita/ponto 226/071, na composição RGB 6,5,4 (direita). a) Algodão em fase reprodutiva de abertura de flores; b) Algodão em fase reprodutiva de abertura de capulhos; c) Cerrado com áreas de vegetação rala e árvores isoladas; d) Milho em fase reprodutiva de grão pastoso; e) Milho em fase reprodutiva do aparecimento da linha do leite; f) Milho em fase de maturação fisiológica; g) Áreas de pastagem com a presença ou não de animais; h) Áreas de vegetação nativa, extensas, em torno de corpos d'água; i) Áreas sem cobertura vegetal, pré-plantio, pós-colheita ou áreas de pousio; j) Redes de drenagem e cursos d'água; k) Áreas de ativos florestais com *Eucalyptus spp.*

Figura 3: Imagem fotográfica (esquerda), Imagem do sensor OLI, órbita/ponto 226/071, na composição RGB 6,5,4 (direita). a) Algodão em fase reprodutiva de abertura de flores; b) Algodão em fase reprodutiva de abertura de capulhos; c) Cerrado com áreas de vegetação rala e árvores isoladas; d) Milho em fase reprodutiva de grão pastoso; e) Milho em fase reprodutiva do aparecimento da linha do leite; f) Milho em fase de maturação fisiológica; g) Áreas de pastagem com a presença ou não de animais; h) Áreas de vegetação nativa, extensas, em torno de corpos d'água; i) Áreas sem cobertura vegetal, pré-plantio, pós-colheita ou áreas de pousio; j) Redes de drenagem e cursos d'água; k) Áreas de ativos florestais com *Eucalyptus spp.*

Análise da banda 1

Na análise da banda 1, a classe Eucalito possui valor de refletância entre o intervalo de 8300 a 8500 NC (níveis de cinza) e confundiu-se apenas com a classe Vegetação densa. A classe Solo exposto apresenta maior valor, no intervalo de 9500 a 9900 NC, separando-se de todas as outras classes.

As classes Milho R4, Milho R5 e Milho MF apresentam valores no intervalo de 8500 a 8750 NC, se misturando entre si, como também com as classes Cerrado e Água. Quando avaliadas as classes Algodão Fn e Algodão Cn, as mesmas misturam-se entre si e apresentam valores no intervalo de 8750 a 8900 NC, confundido apenas com Água, Pastagem e Cerrado.

A classe Vegetação densa apresentou valores de 8400 a 8600 NC, mostrando boa separabilidade com as classes Cerrado, Pastagem, Água, Solo exposto, Milho MF, Algodão Fn e Algodão Cn.

Análise da banda 2

Na análise da banda 2 as classes Milho R4 e Milho R5 possuem valores no intervalo entre 7800 a 7950, misturando-se entre si e diferenciando-se de Algodão Fn, Algodão Cn, Milho MF, Pastagem, Vegetação densa, Solo exposto e Eucalipto.

A classe Solo exposto demonstrou maior refletância, entre 9000 a 10000 NC, apresentando separabilidade das demais classes de uso. As classes Algodão Fn, Algodão Cn e Milho MF apresentaram valores no intervalo entre 7900 a 8100 NC, misturando-se entre si. As classes Pastagem e Cerrado apresentaram valores com intervalos que variaram de 7700 a 8500 NC, sendo que, Pastagem diferenciou-se de Algodão Cn, Algodão Fn, vegetação densa, Milho R4 e Milho R5, enquanto a classe Cerrado diferenciou-se de vegetação densa, Eucalipto e Solo exposto. A classe Solo exposto demonstrou valores maiores e diferenciou-se de todas as classes, enquanto a classe Água apresentou separabilidade de Solo exposto, Vegetação densa, Pastagem, Milho MF, Algodão Fn, Algodão Cn e Eucalipto.

Análise da banda 3

Na banda 3, houve confusão entre as classes Algodão Fn, Algodão Cn, Milho R4, Milho R5, Milho MF e Cerrado. A classe Vegetação densa apresentou separabilidade com as classes Algodão Fn, Algodão Cn, Pastagem, Cerrado, Milho R4, Milho R5, Milho MF, Solo exposto e Água e misturou-se com Eucalipto. A classe Solo exposto apresentou maior valor espectral e separação de todas as classes. A classe Pastagem demonstrou separabilidade das demais classes.

Análise da banda 4

Na banda 4, as classes Algodão Fn, Algodão Cn, Milho R4 e Milho R5 apresentaram valores próximos, que variaram no intervalo entre 6000 a 6800 NC, misturando-se entre si, já as classes de uso Milho MF e Pastagem, apresentaram valores no intervalo entre 7200 a 8100 NC, misturando-se entre si e separando-as das classes anteriores.

A classe Vegetação densa confundiu-se com Eucalipto e diferenciou-se das demais classes. Solo exposto demonstrou maior valor de refletância. Cerrado e Vegetação densa demonstraram separação. A classe Eucalipto misturou-se com Água e Vegetação densa.

Análise da banda 5

Na banda 5, as classes Algodão Fn e Algodão Cn apresentaram valores espectrais maiores, diferenciando-se nitidamente das demais classes. As classes Milho R4 e Milho R5 apresentaram valores próximos, que variaram no intervalo entre 15900 a 20400 NC, diferindo das classes anteriores e Milho MF, Cerrado e Vegetação densa e Água. Nesta faixa, as classes Cerrado, Vegetação densa e Milho MF misturaram-se entre si, enquanto Solo exposto misturou-se com Pastagem e Milho R5. A classe Água apresentou menor valor de refletância nesta banda.

Análise da banda 6

Na análise da banda 6, as classes Algodão Fn, Algodão Cn, Milho R4 e Milho R5 apresentaram valores próximos, variando de 10000 a 12000 NC, separando-se das classes Pastagem, Vegetação densa, Água e Solo exposto. A classe Milho MF separou-se das classes Milho R4, Milho R5, Vegetação densa, Solo exposto, Água e Eucalipto, enquanto as quatro últimas diferiram-se das demais classes.

Análise da banda 7

Na banda 7, as classes Algodão Fn, Algodão Cn, Vegetação densa, Milho R4 e Milho R5 apresentaram valores próximos, porém, houve separabilidade de Vegetação densa. As classes Milho MF e Pastagem apresentaram valores próximos, confundindo entre si e separando-se totalmente de Algodão Fn, Algodão Cn, Milho R4, Milho R5, Vegetação densa, Solo exposto e Água. As classes Cerrado e Vegetação densa separaram-se em termo de valores, assim como Água se diferiu das demais classes. Solo exposto demonstrou maior valor de refletância nesta Banda.

Análise da banda 8

Na banda 8, as classes Algodão Fn, Algodão Cn, Milho R4 e Milho R5 apresentaram valores aproximados, misturando-se entre si, porém, separaram-se das classes Milho MF, Pastagem, Vegetação densa, Água, Solo exposto e Eucalipto. Nesta banda a classe Pastagem distinguiu-se de Vegetação densa, Água, Solo exposto, Eucalipto, Milho R4, Milho R5, Algodão Cn e Algodão Fn. A classe Cerrado separou-se de Vegetação densa e a classe Solo exposto apresentou maior valor de refletância.

As figuras de 4 a 11 demonstram o comportamento espectral das 11 classes temáticas de uso do solo estudadas, compreendendo as faixas espectrais do visível (banda 1 até a banda 4), do infravermelho (banda 5 até a banda 7) e a banda 8 (pancromática) do sensor OLI. São apresentados a média aritmética +/- desvio padrão (DP) dos valores de reflectâncias de cada classe temática definida.

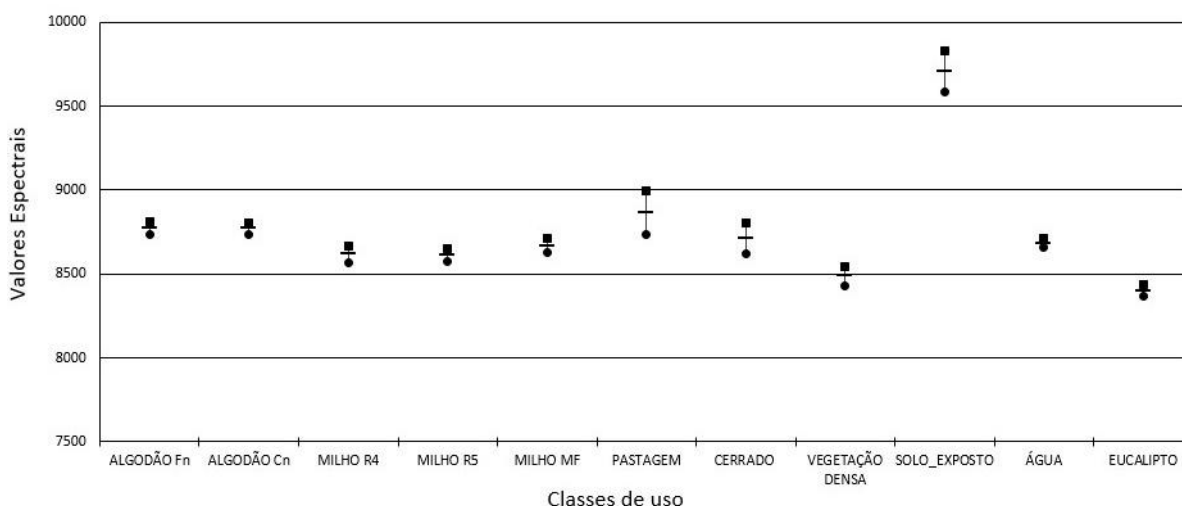


Figura 4: Assinaturas espectrais na Banda 1 do sensor OLI – Ultra azul (Litoral/aerossol) – (0,435 - 0,451 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde-MT, 2018.

Figura 4: Assinaturas espectrais na Banda 1 do sensor OLI – Ultra azul (Litoral/aerossol) – (0,435 - 0,451 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde-MT, 2018.

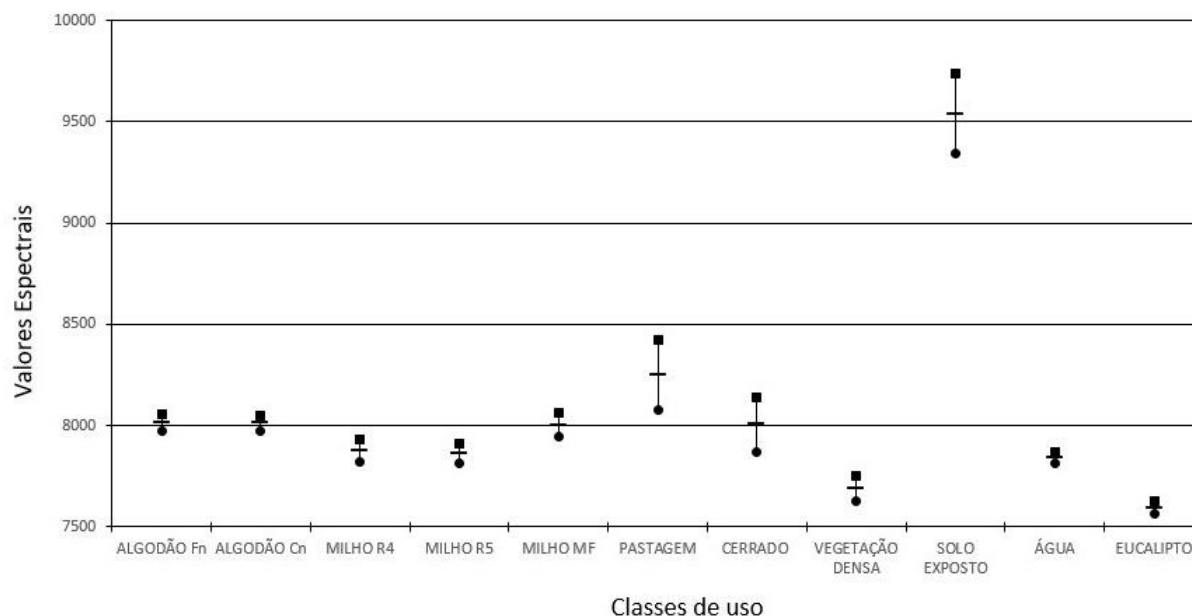


Figura 5: Assinaturas espectrais na Banda 2 do sensor OLI – Azul (0,452 – 0,512 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 5: Assinaturas espectrais na Banda 2 do sensor OLI – Azul (0,452 – 0,512 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

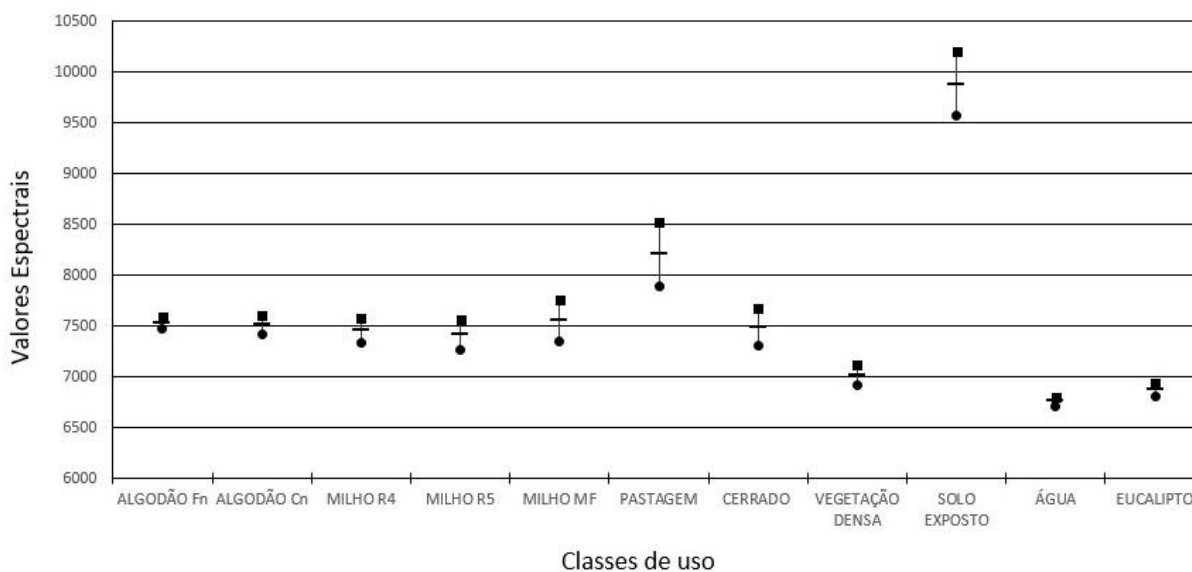


Figura 6: Assinaturas espectrais na Banda 3 do sensor OLI – Verde (0,533 – 0,590 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 6: Assinaturas espectrais na Banda 3 do sensor OLI – Verde (0,533 – 0,590 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

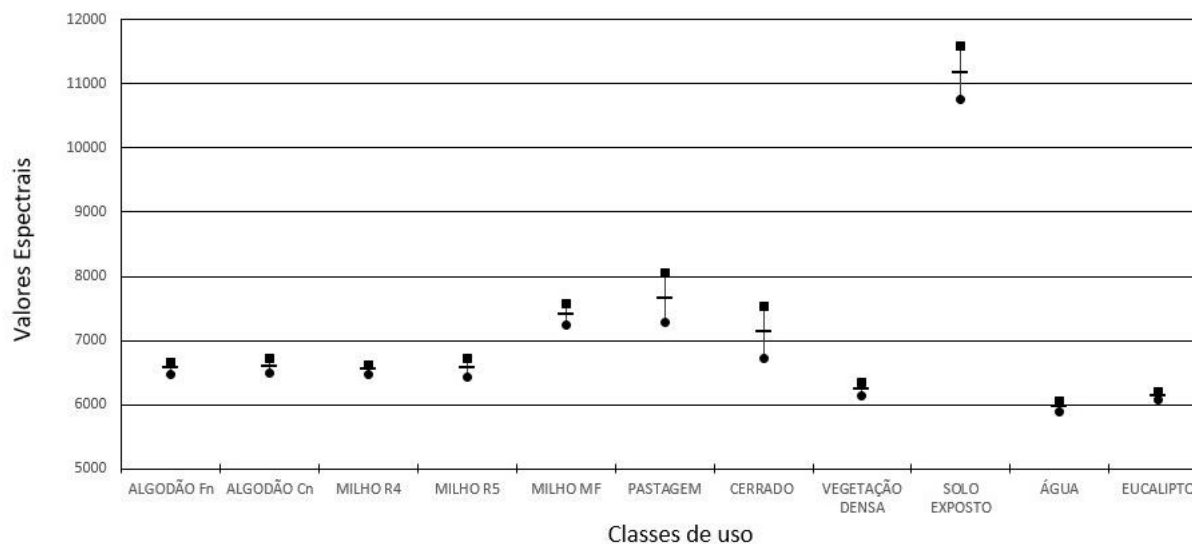


Figura 7: Assinaturas espectrais na Banda 4 do sensor OLI – Vermelho (0,636 – 0,673 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 7: Assinaturas espectrais na Banda 4 do sensor OLI – Vermelho (0,636 – 0,673 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

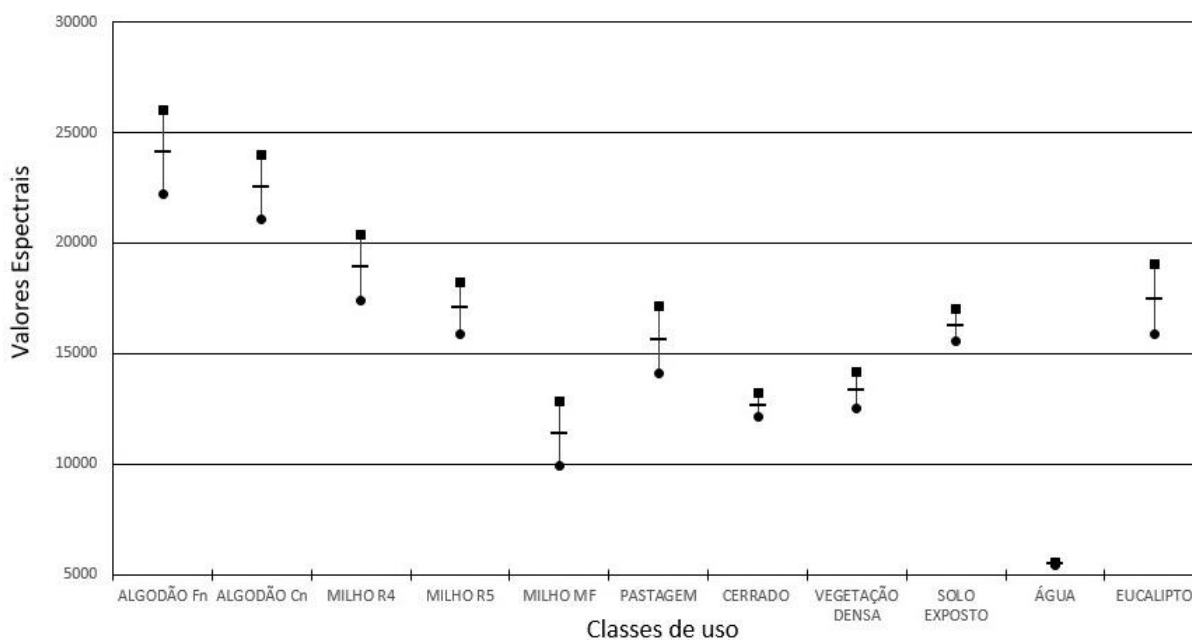


Figura 8: Assinaturas espectrais na Banda 5 do sensor OLI – NIR (0,851 – 0,879 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 8: Assinaturas espectrais na Banda 5 do sensor OLI – NIR (0,851 – 0,879 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

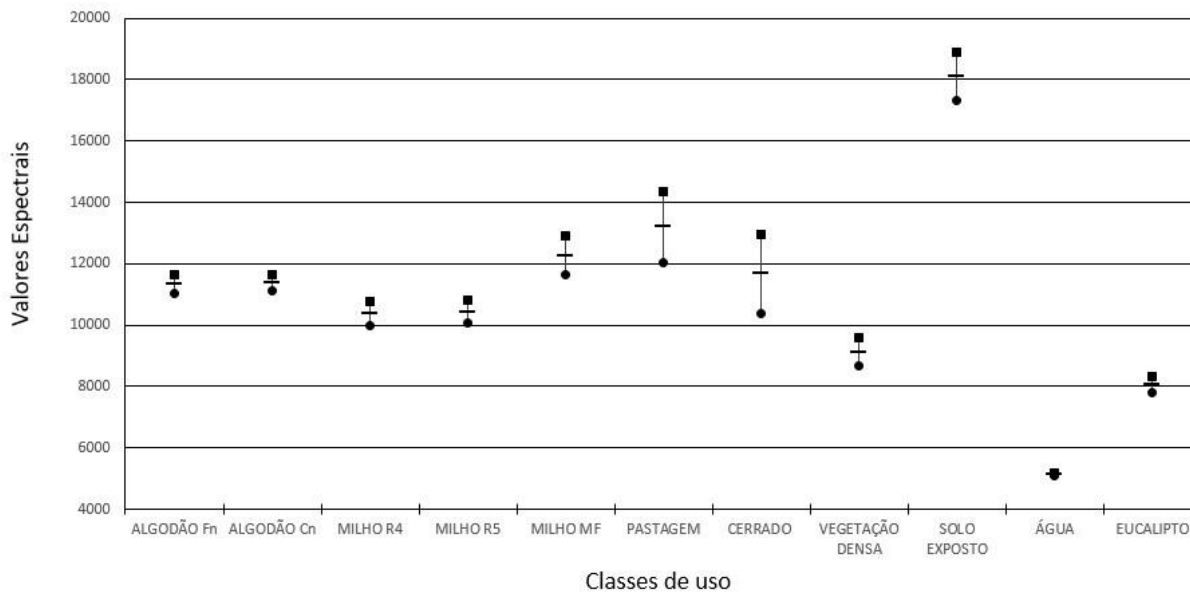


Figura 9: Assinaturas espectrais na Banda 6 do sensor OLI – SWIR 1 (1,566 – 1,651 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 9: Assinaturas espectrais na Banda 6 do sensor OLI – SWIR 1 (1,566 – 1,651 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

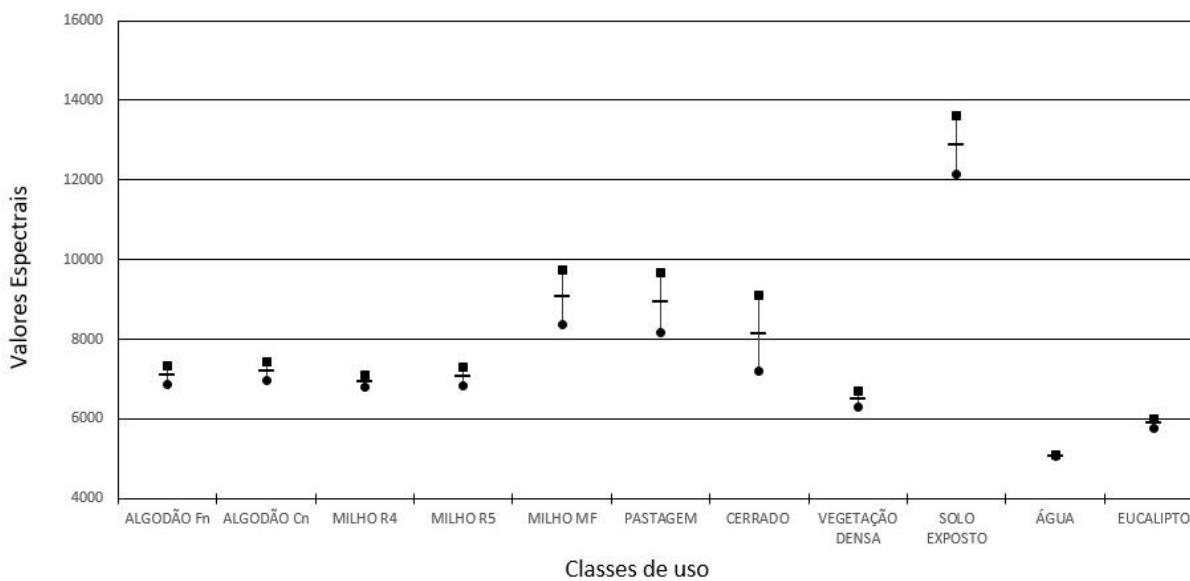


Figura 10: Assinaturas espectrais na Banda 7 do sensor OLI – SWIR 2 (2,107 – 2,294 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 10: Assinaturas espectrais na Banda 7 do sensor OLI – SWIR 2 (2,107 – 2,294 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

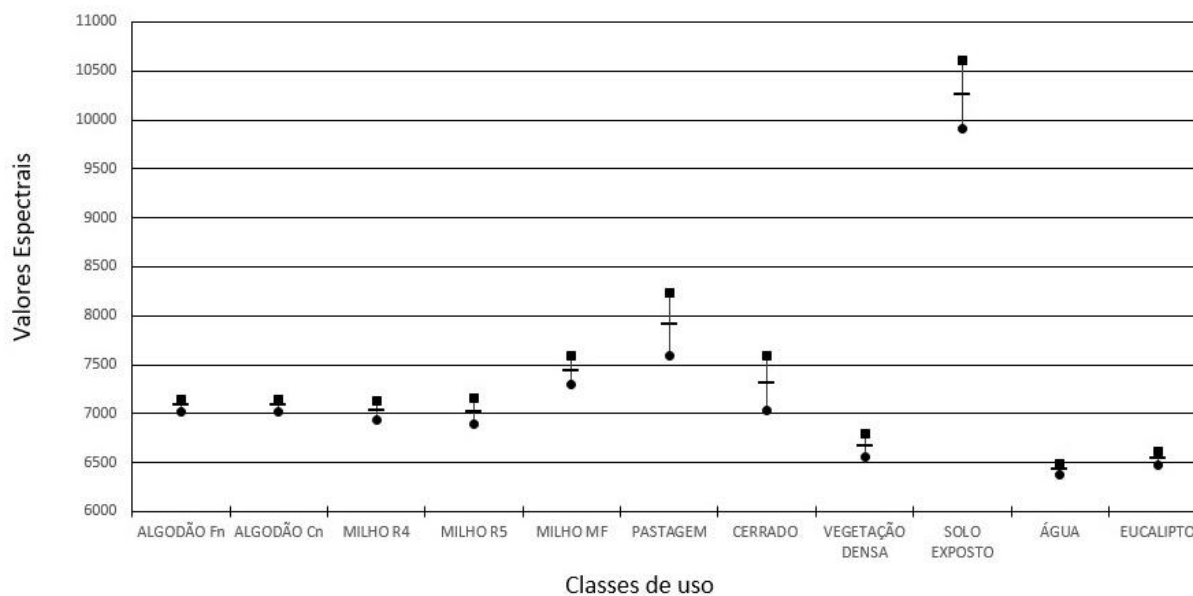


Figura 11: Assinaturas espectrais na Banda 8 do sensor OLI – Panchromatic (0,503 – 0,676 μm). Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

Figura 11: Assinaturas espectrais na Banda 8 do sensor OLI – Panchromatic (0,503 – 0,676 μm).

Fonte: Elaborado pelo autor, Campo Verde, 2018.

A intensidade relativa de refletância de cada alvo variou dentro das faixas de comprimento de onda. Segundo Pereira (2009), a refletância da vegetação na faixa do visível é baixa, em relação a faixa do infravermelho, isso decorre da utilização da radiação nesta faixa para o processo fotossintético.

O resultado obtido para o Eucalipto foi o mesmo corroborado por Silva et al., (2012), que obtiveram melhores respostas espectrais da cultura na faixa do visível em comparação com a faixa do infravermelho próximo.

No período avaliado (maio), as pastagens de aspecto perene, são mais afetadas pela seca do que as culturas agrícolas, evidenciando maiores valores espectrais, devido à baixa absorção da radiação eletromagnética e maior refletância. O mesmo ocorre com a cultura do milho no estágio de maturação fisiológica, onde as folhas se encontram em fase de senescência, apresentando maiores valores de refletância nas faixas do visível e do infravermelho, quando comparado com as fases onde as folhas ainda estão em atividade fotossintética e até mesmo com a cultura do algodão. A característica espectral do milho na fase de maturação em relação as demais fases também foi constatada por Leite (2008), que também encontrou para a cultura da soja os mesmos resultados, determinando estes como os estádios fenológicos que melhor representam cada cultura.

As fases de desenvolvimento do algodão avaliadas apresentaram características espectrais distintas na faixa do infravermelho, o mesmo foi observado por Filho et al. [200-?], analisando o comportamento espectral da cultura no sistema irrigado, com diferentes fontes de adubação. A transição entre fases proporcionou mudanças nas características morfológicas e na resposta espectral nesta faixa.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- As faixas espectrais do sensor OLI distinguiram as culturas agrícolas das demais classes analisadas;
- A faixa do infravermelho próximo caracterizou com maior precisão as culturas agrícolas presentes na região, nas suas diferentes fases fenológicas.

- A distinção de classes de culturas agrícolas em fases fenológicas proporciona maior confiabilidade na interpretação de alvos por técnicas de sensoriamento remoto.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

FILHO, J., F.; FERREIRA, E.; BELTRÃO, N., E., M.; DIAS, J., M.; KONIG, A. Características espectrais do algodoeiro herbáceo irrigado com água residuária e adubação nitrogenada. Disponível em: https://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/188.pdf. Acesso em 15 jul. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE: **Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html> >. Acesso em 18 mai. 2019.

LEITE, P., B., C. Identificação de Tipos de Culturas Agrícolas a partir de Sequências de Imagens Multitemporais Utilizando Modelos de Markov Ocultos. **Dissertação de Mestrado**, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

ROSA, R. Comportamento Espectral de alvos: **Introdução ao sensoriamento remoto**, p. 41-55, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO. **Estudos e informações. Cartografia**. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/-/3704971-cartografia?ciclo=cv_gestao_inf >. Acesso em 10 jul. 2019.

SILVA, E., A.; MARANGON, G., P.; DESSBESELL, L.; MORAIS, W., W.; LIPPERT, D., B.; PEREIRA, R., S. Caracterização espectral na reflectância de *Eucalyptus grandis*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, abr/jun. 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/17587/18418>>. Acesso em 10 jul. 2019.

PEREIRA, P., S., C. Análise Multitemporal do Comportamento Estrutural e Espectral da Regeneração do cerrado *sensu-strictu*. **Dissertação de Mestrado**, Belo Horizonte, MG, 2009.