



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no sul de Goiás**



*Rosandro Boligon Minuzzi<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Meteorologista, Prof. Adjunto III, Depto. Engenharia Rural, UFSC, Florianópolis-SC. Fone: (48)3721-5484, rosandro.minuzzi@ufsc.br

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo analisar o desempenho agrônômico da 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> safra do milho cultivado no sul do estado de Goiás em diferentes cenários climáticos. Dados climáticos de dois municípios localizados na principal região produtora de milho do Estado foram utilizados no software Aquacrop 4.0 para determinar a duração do ciclo, produtividade, eficiência do uso da água na produtividade por água evapotranspirada (EUA), requerimento de irrigação líquida e o índice de colheita ajustado em diferentes cenários climáticos, baseados nas projeções dos percentis 25% e 75% para curto prazo (2016-2035) e médio prazo (2046-2065) do cenário RCP4.5 do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC). No contexto geral, a primeira safra do milho terá redução na duração do ciclo, provavelmente em razão do aumento da temperatura do ar e não sofrerá com estresse hídrico. Quanto à produtividade e a EUA, as estimativas para os cenários futuros foram, respectivamente, de redução (entre 0.115 a 0.496 t.ha<sup>-1</sup>) e de aumento. A produtividade e o requerimento de irrigação líquida do milho safrinha tendem a diminuir, quanto maior for à redução na duração do ciclo da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** produtividade, irrigação, fenologia

### **Agronomic performance of maize in different climatic scenarios in the Southern of Goiás**

**ABSTRACT:** This study aimed to analyze the agronomic performance of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> season of maize grown in the Central West of Brazil in different climatic scenarios. Climatic data from five cities located in major maize producing regions of Mato Grosso, Mato Grosso do Sul and Goiás were used in Aquacrop 4.0 software to determine the duration of the cycle, yield, water use efficiency in productivity per water evapotranspired, net irrigation requirement and harvest index adjusted for different climatic scenarios, based on projections the near term (2016-2035) and medium term (2046-2065) of scenario RCP4.5 of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In a general context, the first season of maize have will reduction in duration of the cycle and will not suffer from water stress in the Central West of Brazil. The yield and net irrigation requirement of second season maize should decrease, the greater the reduction in the duration of the crop cycle.

**KEY WORDS:** yield, irrigation, phenology

## **INTRODUÇÃO**

As modificações no comportamento climático observado nas últimas décadas e as projetadas para o futuro próximo, provavelmente trarão alterações no ciclo hidrológico, afetando o desenvolvimento das culturas, sua produção e o consumo de água (Várallyay, 2010).

Os cenários climáticos são representações sobre o clima futuro, baseados em um conjunto de suposições, que incluem tendências futuras de demanda energética, emissões de gases de efeito estufa, mudanças no uso do solo e aproximações nas leis que regem o comportamento do sistema climático sobre grandes períodos de tempo, resultante das atividades humanas (Hamada et al., 2008).



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

No Brasil, o milho tem sido produzido predominantemente em duas safras, sendo o estado de Goiás o sexto maior produtor, respondendo por aproximadamente 8,8% da produção nacional (IBGE, 2013). Dentre as inúmeras utilizações do milho no Brasil, destaca-se a fabricação de rações para animais domésticos.

Iglesias et al. (2012) destacam que os impactos das mudanças climáticas na produção agrícola na Europa, são rigorosamente associadas com a demanda e a disponibilidade de fontes de água. Dentre as principais consequências das mudanças climáticas no uso de água para a agricultura europeia, os autores destacam: um aumento na demanda por água em todas as regiões devido ao aumento da evapotranspiração das culturas em resposta ao aumento da temperatura e; aumento na escassez de água, ocasionando aumento no requerimento de irrigação.

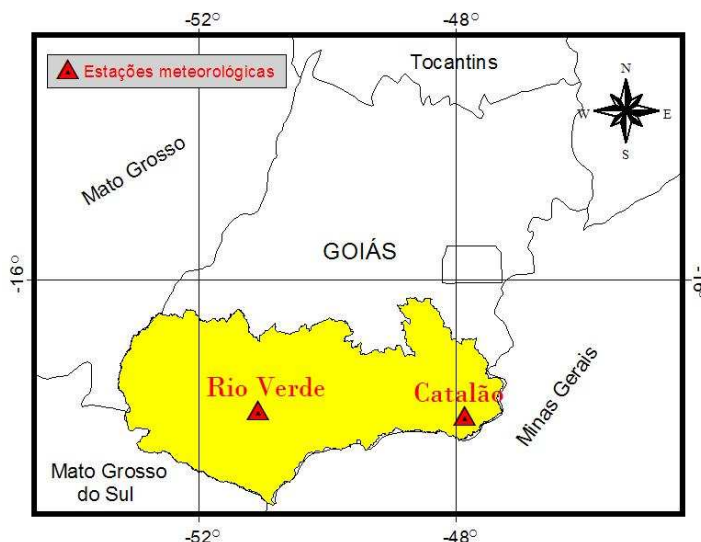
Para as demais regiões do planeta com projeções semelhantes às feitas para Europa, esta informação é preocupante, tendo em vista que, o setor agropecuário foi apontado como o maior consumidor de água em todo o planeta. Enquanto o uso doméstico responde por aproximadamente 10%, a produção de alimentos, através da irrigação, drena 70% da água doce existente (o restante é consumido na indústria) (Somerville; Briscoe, 2001).

Resultados de diferentes simulações mostram que o efeito das mudanças climáticas na produção agrícola varia de acordo com o cenário de emissão de gases de efeito estufa, do período analisado, do clima atual e das práticas de manejo adotadas de região para região (Tao; Zhang, 2011). Por isso a importância em estudos deste contexto no âmbito regional, para auxiliar agricultores e tomadores de decisões quanto às medidas de adaptação e mitigação, para que a produção agrícola seja afetada de forma positiva, suprimindo desta forma, a maior demanda e o aumento no preço dos alimentos previstos para o futuro próximo (Calzadilla et al., 2013).

Assim, diante do exposto, este estudo objetiva analisar o desempenho agrônômico da 1ª e 2ª safra do milho cultivado na região sul do estado de Goiás em diferentes cenários climáticos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizadas as médias climatológicas (1981 a 2010) mensais de temperatura mínima e máxima do ar e da precipitação na escala decenal, de duas estações meteorológicas localizadas nos municípios de Rio Verde e Catalão (Figura 1), sendo pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



**Figura 1.** Localização geográfica das estações meteorológicas utilizadas no estudo na principal mesorregião produtora de milho em Goiás, que contribuiu em média, de 2003 a 2011 com cerca de 70% da produção estadual (IBGE, 2013)

Os seguintes parâmetros referentes ao desempenho agrônomo durante todo o ciclo do milho foram considerados na análise: produtividade (ton/ha), duração do ciclo (dias), índice de colheita ajustado (%), requerimento de irrigação líquida (mm) e a eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada (kg/m<sup>3</sup>). As simulações destas variáveis foram realizadas utilizando o software AquaCrop 4.0, tendo como dados de entrada, os parâmetros climáticos, características do solo e da cultura e informações sobre o manejo do solo, sendo os mais influentes nos parâmetros referentes ao desempenho agrônomo, descritos a seguir:

### Parâmetros climáticos

A precipitação efetiva foi determinada pelo método do USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS), enquanto a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada aplicando os dados de temperatura do ar na metodologia proposta Penman-Monteith (Padrão FAO-1998). As demais variáveis meteorológicas necessárias para o cálculo da ET<sub>o</sub> foram estimadas mediante os procedimentos sugeridos por Allen et al. (1998).

As simulações consideraram as projeções climáticas feitas pelo IPCC (sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) baseadas nos valores do percentil 25% e 75% da distribuição do ‘ensemble’ entre os modelos utilizados para gerar o cenário RCP4.5, à curto prazo (2016-2035) e a médio prazo (2046-2065), além do clima atual (1981-2010) utilizado como referência. Os desvios de temperatura do ar e precipitação para o estado do Goiás, são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2, baseados nos valores do percentil 25% e 75% do cenário RCP4.5.

**Tabela 1.** Desvios trimestrais de temperatura média do ar (°C) baseados nos percentis 25 e 75% projetados para o estado do Goiás, pelo cenário RCP4.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065

Período	dez-fev		mar-mai		jun-ago		set-nov	
	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	0,7	1,2	0,7	1,2	0,7	1,2	0,7	1,2
2046-2065	1,2	1,7	1,2	1,7	1,2	2,5	1,7	2,5

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

**Tabela 2.** Desvios semestrais de precipitação (%) baseados nos percentis 25 e 75% projetados para o estado do Goiás, pelo cenário RCP4.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065

Período	out-mar		abr-set	
	25%	75%	25%	75%
2016-2035	-5	+5	-15	+15
2046-2065	-5	+5	-15	+15

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

O valor de CO<sub>2</sub> utilizado como referência (378,8 ppm), refere-se a concentração média medida no ano 2005, no Observatório de Mauna Loa, no Havaí. Para os cenários futuros à curto e médio prazo, considerou-se as projeções do cenário RCP4.5 feitas para os anos 2025 (425,8 ppm) e 2055 (499,55 ppm), como sendo representativos dos referidos períodos, respectivamente.

### Características da cultura

As simulações foram realizadas considerando duas datas de semeadura, a saber: 10 de outubro e 10 de fevereiro (Sans; Guimarães, 2010), como sendo representativos da 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> safra, respectivamente. Considerou-se a profundidade máxima do sistema radicular efetivo como sendo 100 cm (Landau et al., 2009), a densidade das plantas de 75 mil plantas/ha, o índice de colheita de referência (IC<sub>o</sub>) de 42% (Demétrio et al., 2008) e as temperaturas basais inferior e superior de 10 e 30°C, respectivamente. Para o cálculo dos graus-dias acumulado (GDA) foi utilizado o método proposto por MacMaster e Wilhelm (1997), onde as temperaturas mínima e máxima do ar são ajustadas antes do cálculo da temperatura média, desde que, elas estejam abaixo ou acima das temperaturas basais inferior e superior, respectivamente. O acúmulo térmico necessário para a cultura atingir determinadas fases fenológicas a partir da semeadura, foram as seguintes: 128 GDA (emergência), 1141 GDA (floração) e 1937 GDA (maturação).

O índice de colheita ajustado (IC<sub>aj</sub>) foi utilizado para avaliar o impacto do déficit hídrico após a fase de florescimento da cultura, associando o IC<sub>o</sub> com a taxa de biomassa reduzida durante a fase reprodutiva.

Na eventualidade de requerimento de irrigação líquida, estipulou-se irrigar quando a água facilmente disponível na zona radicular estiver a 50% de sua capacidade e aplicar uma lâmina de água variável, o suficiente para atingir 20% da capacidade campo do solo. Nas simulações, desconsiderou-se a existência de estresse por salinidade e/ou fertilidade do solo.

### Características e manejo do solo

Foram consideradas características dos solos agrícolas predominantes em Catalão (Latosolo vermelho amarelo) e Rio Verde (Latosolo vermelho). Fazendo uma referência ao 'plantio direto', levou-se em conta que o solo possuía uma cobertura de 85% de matéria orgânica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fica perceptível a redução na duração do ciclo da 1<sup>o</sup> safra do milho no sul de Goiás, em todos os cenários climáticos analisados (Tabela 3). Isto se deve, pois a duração do ciclo foi baseada no conceito dos graus-dia acumulado, que leva em conta apenas os dados de temperatura do ar. Assim, como as projeções indicam elevação da temperatura para a região, mais cedo à cultura vai atingir o seu requerimento de energia para completar seu ciclo. Essas reduções são de cinco a oito dias em curto prazo (2016-2035) e de oito a 11 dias em médio prazo (2046-2065).

**Tabela 3.** Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA), irrigação líquida requerida e índice de colheita (IC) ajustado, estimados para o clima atual (referência)

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

e seus respectivos desvios<sup>1</sup> em diferentes cenários climáticos futuros para o milho semeado em 10 de outubro em Catalão e Rio Verde

Semeadura: 10/outubro	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25%	75%	25%	75%
CO <sub>2</sub> (ppm)	378,8	425,8	425,8	499,55	499,55
<b>Catalão - GO</b>					
Duração do ciclo (dias)	126	-6	-8	-9	-11
Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	12.076	-0.236	-0.496	-0.212	-0.334
EUA (kg/m <sup>3</sup> )	2,85	0,08	-0,03	0,08	0,01
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42
<b>Rio Verde - GO</b>					
Duração do ciclo (dias)	126	-5	-7	-8	-11
Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	12.056	-0.192	-0.408	-0.115	-0.378
EUA (kg/m <sup>3</sup> )	2.70	0,05	-0,02	0,09	0,01
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42

<sup>1</sup> Os valores do IC ajustado, apresentados nos cenários climáticos futuros não referem-se a desvios em relação ao estimado para o clima atual.

Inúmeros trabalhos demonstram que os genótipos de milho, cultivados nas diferentes regiões do Brasil, possuem variabilidades na quantidade de energia necessária para cumprir as etapas fenológicas e o próprio ciclo. Assim sendo, para fins práticos e, embora possa haver influências do fotoperíodo, o milho tem sido considerado uma espécie sem resposta ou de fraca resposta fotoperiódica. Como a temperatura atua diretamente no metabolismo básico das plantas, seu efeito se reflete amplamente sobre a evolução de uma cultura no campo. Assim, o acúmulo de graus-dia também pode ser empregado como parâmetro para estimar o crescimento do índice de área foliar (IAF) (Bergamaschi; Matzenauer, 2009).

Quanto à produtividade e a eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada (EUA), as estimativas para os cenários futuros foram, respectivamente, de redução (entre 0.115 a 0.496 t.ha<sup>-1</sup>) e aumento, salvo a EUA em curto prazo baseado no percentil 75%.

No que tange a produtividade quando relacionada à duração do ciclo da cultura, há estudos que se contradizem entre si. Siqueira et al. (1994) trabalhando com projeções médias resultantes de três modelos de circulação atmosférica para 13 locais distribuídos pelo Brasil, encontraram que em decorrência da elevação da temperatura, foram encontradas diminuição no ciclo fenológico (15%) e na produtividade de milho (em média de 20%) no Centro-Sul do país. Considerando os efeitos fisiológicos do CO<sub>2</sub> (de 330 ppm para 550 ppm), as reduções projetadas na produtividade são menores quando comparadas com os resultados oriundos somente de cenários climáticos. Mais recentemente, Siqueira et al. (1997) utilizando um modelo fornecido pela NASA, apresentaram projeções na produção de grãos de milho em função do aumento na concentração de CO<sub>2</sub>. Os decréscimos ao longo do período analisado (1990-2060) foram mais expressivos na região Centro-Sul, principalmente após 2030. Minuzzi (2013) encontrou um coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) de 0,89, estatisticamente significativo ao nível de 0,01, na correlação entre a duração do ciclo com a biomassa e/ou produtividade do milho para o Centro Sul do Brasil, ou seja, uma redução no ciclo da cultura implicaria no decréscimo da produtividade.

Contrariando aos resultados encontrados neste estudo, Maracchi et al. (2004) esperam pequenos aumentos na produtividade agrícola da Europa. Giorgi e Lionello (2008) também seguem o mesmo raciocínio para o Norte da Europa e regiões dos Alpes. No entanto, afirmam que o aumento inicial na produtividade agrícola (em níveis moderados de aquecimento) tende a ser supridos por inundações mais frequentes e aumento da instabilidade do solo.

Gitay et al. (2001) destacam que a mudança no clima pode tanto aumentar quanto reduzir os efeitos diretos de CO<sub>2</sub> sobre a produtividade, dependendo do tipo de vegetação, da região e do cenário climático futuro. Na maioria dos sistemas de vegetação, o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> aumentaria

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

a produtividade líquida primária (frequentemente referida como efeito de fertilização do CO<sub>2</sub>) e as produtividades líquidas ecossistêmicas, causando, com o passar do tempo, o acúmulo de carbono na vegetação e nos solos, desde que, o aumento de temperatura seja de 2 a 3 °C e que a limitação de umidade seja pequena ou inexistente.

Já Brown (2008), destaca que embora as elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> que contribuem para a elevação da temperatura do ar possam aumentar a produtividade das culturas, o efeito prejudicial do aumento deste elemento climático na produtividade, substitui o efeito de fertilização de CO<sub>2</sub> para as principais culturas. No que tange ao milho, quando as temperaturas são muito elevadas, os estigmas secam rapidamente, incapacitando de desempenhar a sua função no processo de polinização.

Islam et al. (2012) realizaram simulações em quatro diferentes cenários realizados para o milho cultivado no estado do Colorado (Estados Unidos), mostrou uma diminuição na produtividade, devido ao aumento da temperatura e do CO<sub>2</sub>. Esse comportamento da produtividade, com irrigação, variou de 11,3 a 14% e 17,1 a 21% para os anos 2020 e 2050, respectivamente, embora apenas o CO<sub>2</sub> tenha aumentado a produtividade em torno de 3,5 a 12,8%. A redução na produtividade foi linearmente relacionada à diminuição do ciclo fenológico do milho, resultante do aumento da temperatura. A tolerância de cultivares de ciclo mais longo a maiores temperatura, pode ser uma das possíveis medidas de adaptação que os pesquisadores sugerem diante das mudanças climáticas.

Projeta-se que a fotossíntese em plantas C3 responda mais fortemente ao enriquecimento de CO<sub>2</sub> do que em plantas C4. Bergonci e Bergamaschi (2002) destacam que plantas C4 apresentam ponto de compensação de CO<sub>2</sub> entre 0 e 5 μmol, que não é afetado pela concentração de CO<sub>2</sub>, diferentemente das plantas C3, cujo ponto de compensação varia de 40 a 50 μmol. Considerando os atuais níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera, as plantas se encontram saturadas, ou seja, eventuais elevações na concentração de CO<sub>2</sub>, não devem favorecer as plantas com metabolismo C4, como é o caso do milho.

Apesar das projeções do IPCC para o estado do Goiás baseados no percentil 25% sugerirem aumento do déficit hídrico no solo (aumento da temperatura e diminuição das chuvas), este comportamento não será suficiente para a primeira safra do milho, requerer irrigação. Ou seja, na confirmação das projeções do IPCC, o déficit hídrico não deve ser uma preocupação para o cultivo do milho safra na região (Tabela 3).

Os resultados da duração do ciclo do milho safrinha projetados para os cenários futuros na região em estudo, ratificam a sua relação com a temperatura do ar, sendo que, quanto maior a duração do ciclo nas condições atuais, maior a redução projetada para o futuro (Tabela 4).

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

**Tabela 4.** Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA), irrigação líquida requerida e índice de colheita (IC) ajustado, estimados para o clima atual (referência) e seus respectivos desvios<sup>1</sup> em diferentes cenários climáticos futuros para o milho semeado em 10 de fevereiro em Catalão e Rio Verde. Entre parênteses, constam os desvios de produtividade nas situações em que há indicação de irrigação, mas sem a aplicação da referida lâmina de água

	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
Semeadura: 10/fevereiro		25%	75%	25%	75%
CO <sub>2</sub> (ppm)	378,8	425,8	425,8	499,55	499,55
<b>Catalão - GO</b>					
Duração do ciclo (dias)	142	-9	-14	-14	-20
Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	13.853	(-3.856) -0.549	(-3.643) -1.069	(-3.771) -0.724	(3.193) -1.416
EUA (kg/m <sup>3</sup> )	2,80	0,14	0,08	0,23	0,20
Irrigação líquida (mm)	240,7	-38,9	-61,2	-50,8	-91,1
IC ajustado (%)	38,9	39,8	40,4	40,1	41
<b>Rio Verde - GO</b>					
Duração do ciclo (dias)	140	-7	-11	-12	-16
Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )	13.625	(-3.243) -0.370	(-3.119) -0.802	(-3.146) -0.492	(-2.622) -0.937
EUA (kg/m <sup>3</sup> )	2,61	0,10	0,06	0,20	0,18
Irrigação líquida (mm)	221,3	-28	-47	-40,5	-75,2
IC ajustado (%)	39,7	40,2	40,7	40,4	41,1

<sup>1</sup> Os valores do IC ajustado, apresentados nos cenários climáticos futuros não referem-se a desvios em relação ao estimado para o clima atual.

Os desvios projetados quanto à produtividade e a EUA para o milho safrinha sugerem uma relação com a duração do ciclo. Num contexto geral, os resultados sugerem que a produtividade e a EUA tendem, respectivamente, a diminuir e aumentar diante dos cenários climáticos futuros.

Ressalta-se que as projeções obtidas quanto à duração do ciclo, produtividade e EUA desconsideraram situação de estresse hídrico pelo milho, algo que ocorre atualmente, e tende a persistir no futuro para a safrinha, caso não haja irrigação, conforme comprovado nos valores do índice de colheita (IC) ajustado abaixo de 42%. Mesmo com a redução prevista quanto ao requerimento de irrigação líquida, o IC ajustado abaixo de 42% ainda persistirá nos dois estados brasileiros, indicando a persistência de estresse hídrico, caso não haja a aplicação das lâminas de irrigação (Tabela 4).

Este comportamento difere parcialmente de alguns estudos como de Todisco e Vergi (2008), onde mostram que em alguns locais da Itália o aumento na tendência do requerimento de água pelo milho é esperado somente quando ocorre simultaneamente com tendência positiva da evapotranspiração e tendência negativa da chuva.

A diminuição do IC ajustado é um reflexo do estresse hídrico na redução no número de grãos. Como o estresse hídrico reduz a abertura dos estômatos, diminui a quantidade de assimilados disponíveis para o desenvolvimento de grãos. Como isto ocorre geralmente na fase de granação e maturação, quando a maioria dos assimilados destina-se a formação dos grãos, se deduz que o estresse hídrico no milho nos referidos cenários climáticos que apresentam redução no IC ajustado, ocorra durante as citadas fases fenológicas da cultura.

Moradi et al. (2013) mostram que o ciclo do milho cultivado no Irã, diminuiu na maioria dos cenários climáticos analisados, assim como, a produtividade (11% a 38%) considerando data de semeadura fixa e mudanças de -61% a 48% em resposta a diferentes requerimentos de irrigação.

Como nem sempre o produtor dispõe de infra-estrutura para adoção de irrigação, Bergamaschi e Matzenauer (2009), destacam que se forem implantadas práticas para eliminar o déficit hídrico durante o curto período crítico do milho, sem outras limitações importantes, o produtor pode assegurar elevados rendimentos ao nível de lavoura.

Apesar dos avanços tecnológicos, um desafio para simulações futuras mais precisas é a inclusão de eventos extremos como ondas de calor/frio e chuvas intensas nos modelos, que por serem geralmente de curta duração, acabam sendo ocultados quando utilizamos médias mensais. A magnitude dos efeitos



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

na agricultura desses eventos extremos depende do momento de sua ocorrência em relação à fase fenológica, as quais variam entre as espécies.

Como uma medida de mitigação frente alguns resultados apresentados neste estudo, Wang et al. (2012) mostraram que o melhoramento genético de culturas e opções de manejo não somente compensam alguns impactos negativos da redução do ciclo fenológico na produtividade, devido ao aumento da temperatura, mas contribuíram significativamente para aumentar a produtividade no cultivo trigo-milho irrigado, no Norte da China.

## CONCLUSÕES

Diante dos cenários climáticos em curto e médio prazo projetados pelo cenário RCP4.5 do IPCC, a duração do ciclo da primeira safra do milho deverá diminuir e a cultura não sofrerá com estresse hídrico no estado do Goiás.

A produtividade e o requerimento de irrigação líquida do milho safrinha tendem a diminuir, quanto maior for à redução na duração do ciclo da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 297p. Irrigation and Drainage Paper, 56.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J.E.B.A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. Cap.14, p.239-260.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H. Ecofisiologia do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DO MILHO E DO SORGO, 24, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABMS/Embrapa/Epagri, 2002. CD Rom

CALZADILLA, A. et al. Climate change impacts on global agriculture. **Climatic Change**, v.120, p.357-374, 2013.

GIORGI, F.; LIONELLO, P. Climate change projections for the Mediterranean region. **Global and Planetary Change**, v.63, p.90–104, 2008.

HAMADA, E. et al. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: Ghini, R.; Hamada, E. (ed.) **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.25-73.

IGLESIAS, A. et al. From climate changes impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europa. **Climatic Change**, v.112, p.143-168, 2012.

IBGE - Banco de dados agregados SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 5 Jun. 2013.

IPCC - Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5. VAN OLDENBORGH, G.J., et al. (ed.). In: Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, STOKER, T.F. et al. (ed.). <http://www.climatechange2013.org> e <http://www.ipcc.ch> 7 Mai 2014





## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



ISLAM, A. et al. Modeling the impacts of climate change on irrigated corn production in the Central Great Plains. **Agricultural Water Management**, v.110, p.94-108, 2012.

MARACCHI, G.; SIROTENKO, O.; BINDI, M. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. **Climatic Change**, v.70, p.117–135, 2004.

McMASTER, G. S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, p.291-300, 1997.

MINUZZI, R. B. Cenários climáticos, a demanda de água e características fenológicas do milho no Centro Sul do Brasil. In: LANA, R. de P.; GUIMARÃES, G.; LIMA, G.S. (Org.) Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, Viçosa: UFV, p.149-177, 2013.

MORADI, R., et al. Adaptation strategies for maize cultivation under climate change in Iran: irrigation and planting date management. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.18, p.265-284, 2013.

SIQUEIRA, O. J. W. de; FARIAS, J. R. B.; SANS, L. M. Potential effects of global climate change for Brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.2, p.115-129, 1994.

SIQUEIRA, O. J. W. de, et al. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e avaliação de reflexos na produção agrícola brasileira, via modelos de simulação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBA, 1997. p.167-169.

SOMERVILLE, C.; BRISCOE, J. Genetic engineering and water. **Science**, v.292, p.2217, 2001.

TAO, F.; ZHANG, Z. Impacts of climate change as a function of global mean temperature: maize productivity and water use in China. **Climatic Change**, v.105, p.409-432. 2011.

TODISCO, F.; VERGNI, L. Climatic changes in Central Italy and their potential effects on corn water consumption. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.148, p.1-11, 2008.

VÁRALLYAY, G. The impact of climate change on soils and on their water management. **Agronomy Research**, v.8, p.385-396, 2010.

WANG, J. et al. Increased yield potential of wheat-maize cropping system in the North China Plain by climate change adaptation. **Climatic Change**, v.113, p.825-840, 2012.