



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

Indicadores Climáticos das Áreas com Potencial de Risco de Desertificação no Estado da Bahia



Camila da S. Dourado¹; Stanley Robson de M. Oliveira²; Ana Maria H. de Avila³

¹ Eng.^a Agrônoma, Doutoranda pela Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, camila.dourado@feagri.unicamp.br

² Bacharel em Ciência da Computação, Prof. Dr. Faculdade de Engenharia Agrícola UNICAMP, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, stanley.oliveira@embrapa.br

³ Bacharel em Meteorologia, Pesquisadora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura/UNICAMP, avila@cpa.unicamp.br

RESUMO: A expansão das áreas em desertificação e as consequências nas esferas socioeconômica e ambiental têm sido um dos grandes desafios, principalmente para o setor agrícola. Neste trabalho, o objetivo foi identificar áreas com potencial de risco de desertificação no estado da Bahia, por meio do índice de aridez utilizando variáveis climáticas. Para isto, foram utilizados dados de médias mensais de precipitação e temperatura, entre os anos de 2000 e 2014, de 38 estações meteorológicas, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distribuídas nas sete mesorregiões da Bahia e áreas adjacentes ao estado. A partir disto, foram determinadas a Evapotranspiração Potencial média anual (ETP), pelo método de Thornthwaite, e o Índice de Aridez (Ia). Foi aplicado o método geostatístico IDW (Inverso do Quadrado da Distância) para mapear a precipitação, a ETP e o índice de aridez do estado. As áreas susceptíveis à desertificação foram estabelecidas a partir de valores do índice de aridez: muito alta de 0,05 até 0,20, alta de 0,21 até 0,50 e moderada de 0,51 até 0,65. Os resultados indicaram localidades com potencial de risco à desertificação. Os municípios que apresentaram os menores Índices de Aridez, com valores entre 0,3 a 0,5, estão nas mesorregiões do Vale do São Franciscano da Bahia, Centro Norte Baiano, Extremo Oeste Baiano, Nordeste Baiano e Centro Sul Baiano. Nessas mesorregiões encontram-se os maiores polos da agricultura do estado, sendo necessária uma análise mais aprofunda sobre a desertificação nessas áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação de terras, índice de aridez, geotecnologias.

Climate Indicators of areas with Desertification Risk potential in the State of Bahia

ABSTRACT: The expansion of the areas on desertification and their consequences on the socioeconomic and environmental spheres have been a major challenge, especially for the agriculture sector. In this study, the objective was to identify areas with potential risk of desertification in the state of Bahia, through the aridity index using climate variables. To do so, monthly averages of precipitation and temperature were used between the years 2000-2014, from 38 weather stations, provided by the National Institute of Meteorology (INMET) and distributed in seven mesoregions in Bahia and adjacent areas to the state. Subsequently, it was determined annual average potential evaporation (ETP) by the method of Thornthwaite and the aridity index (Ia). The geostatic method IDW (Inverse Distance Weighted) was applied to map precipitation, ETP and the - aridity index of the state. The areas susceptible to desertification were established from values of aridity index: very high 0.05 to 0.20, high 0.21 to 0.50 and moderate of 0.51 to 0.65. The results indicated 16 locations with risk of potential desertification. The municipalities that had the lowest aridity indices, ranging from 0.3 to 0.5, are in mesoregions Vale do Francisco-, North Central of the state, Far West of Bahia, Northeast and South Central of Bahia. In those Mesoregions the largest agriculture centers of the state are located, requiring a further analysis on desertification in these areas.

KEYWORDS: Land degradation, Aridity index, Geotechnology

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por alimentos, provocado pelo crescimento populacional implica na expansão de novas áreas agrícolas e na intensidade de cultivo das terras já cultivada (PAIVA et al., 2007). Com disponibilidade de terras agricultáveis, condições de clima favorável, água em abundância e avanço de tecnologias, o Brasil poderá chegar a 2020 como a principal potência agrícola mundial (MARTINS et al., 2014). No entanto, um grande desafio para agricultura brasileira é o avanço das áreas em processo de desertificação.

A desertificação é definida pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação como a degradação de terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas a seca, resultante das variações climáticas e ações antrópicas (BRASIL, 1994). Tal fenômeno transforma terras agricultáveis em terras improdutivas e inférteis, causa impactos ambientais como a destruição da biodiversidade, diminuição da disponibilidade de recursos hídricos e provoca a perda física e química dos solos.

O critério internacionalmente estabelecido para delimitação das áreas susceptíveis à desertificação é o Índice de Aridez definido por Thornthwaite (1941), o qual é dado pela razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial. Desta forma, quando a razão estiver entre 0,05 a 0,20 é caracterizado árido; para valores entre 0,21 e 0,50 é semiárido; entre 0,51 e 0,65 é subúmido a seco; e acima desse valor, subúmido úmido ou úmido (BRASIL, 2007).

No Brasil, segundo o PAN – Brasil (BRASIL, 2007), as áreas consideradas com potencial de risco de desertificação concentram-se na região nordeste do país, nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, abrangendo também o norte de Minas Gerais. Estas áreas atingem 1.201 municípios, onde vivem mais de 18% da população brasileira. Com uma extensão territorial de aproximadamente 1.3 milhões de km², representa 15,7% do território nacional, dos quais 710.437,30 km² (62,8 %) são caracterizados como semiáridos e 420.258,80 km² (37,2 %) subúmidos a secos (SOUSA et al., 2008).

A semiaridez existente nestes estados é resultante de fenômenos puramente naturais, mas está se intensificando por causas antrópicas. Essa semiaridez é agravada com a ocorrência de periódicas secas, que resultam da baixa pluviosidade na época normalmente chuvosa. Esse problema desencadeia uma exploração mais intensa nos recursos naturais, com modelos de desenvolvimento imediatistas (SILVA, 2013).

Em particular, o estado da Bahia possui 258 municípios pertencentes a uma região semiárida, compreendendo uma área de 388.274 Km², o que corresponde a 68% do seu território. Estudos recentes, Santos et al. (2010) e Dourado (2013), indicam que esta região vem sofrendo com fortes variabilidades climáticas, o que favorece a expansão das áreas com risco de desertificação. Este cenário se torna um desafio para diversos setores econômicos e sociais da região, principalmente o setor agropecuário. O estado é responsável por 10% da produção do setor de fruticultura e grande produtor de grãos no âmbito nacional, principalmente com a cultura do algodão, com 31,8% da produção nacional, ficando atrás apenas do estado de Mato Grosso com 46,9% da produção; estes dados se referem a safra de 2011 (IBGE, 2015). Outro produto de destaque é a soja, com 4% da produção nacional (CONAB, 2013).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar áreas com potencial de risco de desertificação no estado da Bahia, por meio do índice de aridez utilizando variáveis climáticas (precipitação pluviométrica e temperatura).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao estado da Bahia, localizado entre as latitudes 8° 32' 00" S e 18° 20' 07" S e as longitudes 37° 20' 37" W a 46° 36' 54" W. Situado ao sul da região Nordeste, é dividido geopoliticamente em 417 municípios, inseridos nas sete mesorregiões: Centro Norte Baiano (CNB), Centro Sul Baiano (CSB), Vale São-Franciscano da Bahia (VSFB), Nordeste Baiano (NB), Sul Baiano (SB), Extremo Oeste Baiano (EOB) e Metropolitana de Salvador (MS), conforme Figura 1. Possui cinco tipos climáticos, de acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), árido, semiárido; subúmido a seco, subúmido a úmido e úmido.

Os totais médios anuais da precipitação pluvial anual variam de 300 a 2.000 mm, podendo ainda ultrapassar valores de 2.000 mm em algumas regiões de clima úmido (Dourado, et al. 2013). A distribuição decrescente dos totais médios anuais, das extremidades leste (Planície Litorânea) e Oeste (Chapadões Ocidentais) para o interior semiárido, confirma a ação periférica de sistemas dinâmicos que possibilitam a existência de três regimes pluviais diferentes e formação de cinco zonas pluviometricamente homogêneas (DOURADO et al., 2013).

Os dados climatológicos (precipitação, temperatura máxima e mínima) foram obtidos de 38 postos meteorológicos de dentro e fora da área de estudo, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para espacialização geográfica dos dados foi adotado o sistema de coordenadas Latitude e Longitude, Datum SIRGAS 2000, e sistema de projeção Universal Transversa de Mercator, conforme Figura 1.

Área de Estudo: Estado da Bahia

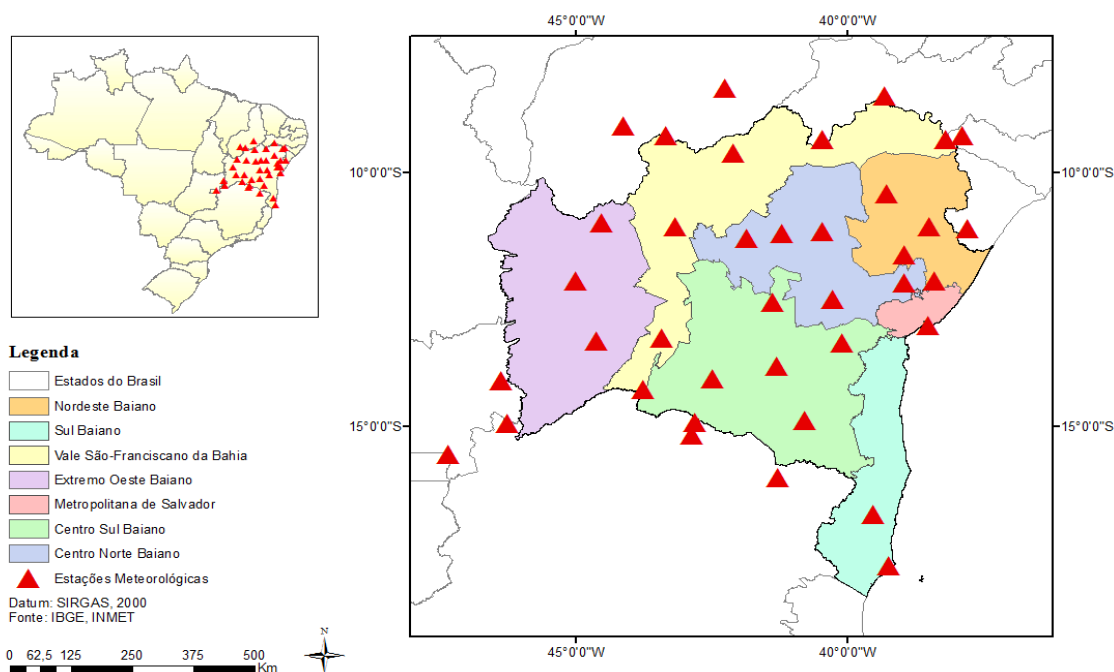


Figura 1. Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET utilizadas no trabalho.

As médias anuais de temperatura média e precipitação, entre 2000 e 2014, foram utilizadas na determinação da Evapotranspiração Potencial, pelo método de Thornthwaite (1948), através do programa "BHnorm" desenvolvido por Rolim et al (1998). Para identificar os diferentes níveis de

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

susceptibilidade aos processos de desertificação foi adotado o critério do índice de aridez de estabelecido por Thornthwaite (1948) e utilizado pelas Nações Unidas para aplicação do Plano de Combate à Desertificação (PACD). Aplicado pela Convenção das Nações Unidas sobre Desertificação o Índice de Aridez (IA= P/ETP), em que P representa as precipitações médias anuais e a ETP, a evapotranspiração potencial média anual. Quanto menor for o valor da relação, maior é a aridez, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Faixas climáticas relacionadas ao índice de aridez (UNEP, 1992).

Classificação	Índice de Aridez (IA)
Hiperárido	< 0,05
Árido	0,051 a 0,20
Semiárido	0,21 a 0,50
Subúmido a seco	0,51 a 0,65
Subúmido úmido a úmido	> 0,65

Para confecção dos mapas pluviométricos, evapotranspiração e áreas com potencial de risco de desertificação da Bahia, foram interpolados dados de precipitação, evapotranspiração e índice de aridez (Ia), respectivamente, através do método geoestatístico IDW (*Inverse Distance Weighted* – Ponderação do Inverso da Distância). Este método, de acordo com Lu et al. (2008), Marcuzzo *et al.* (2011), Dourado et al.(2013) é uma das técnicas de interpolação mais usadas para pontos espalhados espacialmente, apresenta como vantagem a sua utilidade quando a distribuição dos parâmetros estimados não é uma distribuição normal (CHEN, et al., 2012).

Para elaboração do cálculo da interpolação do valor de um ponto através do método do IDW, foi utilizada a seguinte equação matemática:

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (1)$$

Em que, Z(x) é o valor do ponto que se deseja interpolar; n é a quantidade de pontos próximos utilizados na interpolação do ponto x; Z(x_i) é o valor do ponto x_i; e ω_i é o peso do valor de x_i sobre o ponto x. Para se determinar ω_i, utiliza-se a seguinte equação matemática:

$$\omega_i = \frac{1}{h(x, x_i)^p} \quad (2)$$

Sendo, h(x, x_i) a distância entre o ponto x e o ponto x_i; e p o parâmetro de potência, geralmente igual a dois.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da espacialização geográfica da distribuição pluviométrica anual na Bahia, para o período de 2000 a 2014, estão apresentados na Figura 2a. Verifica-se que as precipitações médias anuais variam de 444mm a 1843mm. Os menores índices pluviométricos encontram-se ao norte da mesorregião Vale São-Franciscano da Bahia, seguido de algumas localidades da mesorregião do Centro Norte Baiano

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

e Centro Sul Baiano. Os maiores volumes encontram-se nas mesorregiões Metropolitana de Salvador e Sul Baiano, localizadas no litoral do estado, bem como, na mesorregião Extremo Oeste Baiano, seguido da região da Chapada Diamantina, com atuação do efeito orográfico, formando um micro clima no interior da região semiárida.

Essa distribuição confirma a ação periférica dos sistemas dinâmicos ZCIT, FPA, ZCAS e VCAN, que possibilitam a existência de regimes pluviiais diferentes e superpostos sobre o território baiano, verificados da mesma forma por Cavalcanti, et al. (2009) e Dourado *et al.* (2013).

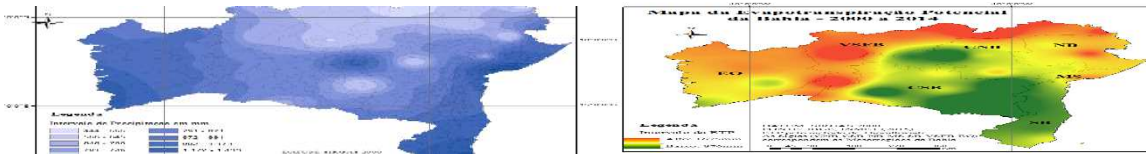


Figura 2a, b. Distribuição da precipitação e da evapotranspiração potencial do estado da Bahia - 2000 a 2014.

Na Figura 2b, os dados demonstram que as taxas de Evapotranspiração (ETP) anuais variam de 876mm a 1675mm. Os níveis mais elevados concentram-se na mesorregião do VSFB, bem como, os menores índices pluviométricos. Esta condição é um indicativo de que os municípios dessa mesorregião apresentam alto potencial de risco de desertificação, pois o valor da relação P/ETP será baixo, implicando numa alta aridez nessa região. Observa-se que as ETPs médias anuais das mesorregiões NB e EOB não apresentaram variações significativas em todas as localidades, exceto na localidade de Cipó, com a ETP mais elevada do NB, 1441mm, e na localidade de Correntina, com a menor ETP da região do EOB, 1262mm. As menores taxas de ETP estão na mesorregião do CSB, no centro do CNB, e no SB.

Na Tabela 2 e na Figura 3 observa-se a distribuição dos índices de aridez (IA) nas mesorregiões do estado. A partir da análise desses índices, pode-se inferir sobre as áreas de risco de desertificação, segundo a classificação adotada por BRASIL (2007), estas áreas apresentam IA entre 0,05 a 0,65.

O índice de aridez das mesorregiões do estado variaram de 0,32 a 1,32, conforme Tabela 2. Com base nestes valores, as áreas do estado são classificadas em Semiárido (0,21 a 0,50), Subúmido a seco (0,51 a 0,65) e Subúmido úmido a úmido (> 0,65). Verifica-se na Figura 3 que grande parte da extensão territorial é classificada como área de risco de desertificação, apresentando variações de potencial de risco em alto, moderado, baixo e nenhum.

Tabela 2. Distribuição do índice de aridez nas mesorregiões da Bahia.

Mesorregiões da Bahia	Municípios	IA
VSFB- Vale São Franciscano da Bahia	Barra	0,43
	Bom Jesus da Lapa	0,51
	Carinhanha	0,55
	Remanso	0,37
	Paulo Afonso	0,32
CNB- Centro Norte Baiano	Feira de Santana	0,54
	Irecê	0,45
	Itaberaba	0,45
	Jacobina	0,55
	Morro do Chapéu	0,61
NB- Nordeste Baiano	Alagoinhas	0,82
	Monte Santo	0,45
	Cipó	0,40
	Serrinha	0,55
CSB- Centro Sul Baiano	Ituaçu	0,45
	Itiruçu	0,71
	Caetite	0,67
	Lençóis	0,81
	Vitória da Conquista	0,72
EOB- Extremo Oeste Baiano	Barreiras	0,64
	Correntina	0,72
	Santa Rita de Cássia	0,62
SB- Sul Baiano	Caravelas	1,12
	Guaratinga	0,90
MS- Metropolitana de Salvador	Salvador	1,32

Observa-se na Tabela 2 e na Figura 3, que as mesorregiões com os maiores IA foram a MS e SB, variando de 0,90 a 1,32. Estas áreas são classificadas como subúmido úmido a úmido, não apresentando risco de desertificação. A maior parte das localidades dessas mesorregiões encontra-se na costa litorânea e apresentam altos índices pluviométricos. A mesorregião CSB também é classificada como subúmido a úmido, exceto para localidade de Ituaçu, com IA de 0,45, sendo esta classificada como área de alto risco de desertificação por pertencer à classe semiárida.

A mesorregião EOB, formada por localidades do polo agrícola do estado (CONAB, 2013; IBGE, 2015), apresenta índices de aridez (0,62 a 0,72) que a classificam como subúmido a seco e subúmido a úmido. Verifica-se com isso que algumas áreas dessa mesorregião apresentam risco de desertificação. Desta forma, torna-se necessário, estudos mais avançados e uma fiscalização sobre as práticas e expansão agrícola nessa região, com o intuito de mitigar e prevenir o aumento do potencial de risco de desertificação.

Os menores índices de aridez, variando entre 0,32 a 0,61, estão nas mesorregiões do VSF, NB e CNB. Todas as localidades pertencentes a essas mesorregiões são classificadas como áreas com potencial de risco de desertificação, exceto a localidade de Alagoinhas no NB, com IA de 0,82, conforme Tabela 2 e Figura 3. Estas mesorregiões apresentam os menores volumes de precipitação pluvial do estado (DOURADO et al., 2013).

Na Figura 3 verifica-se que as áreas de alto risco de desertificação concentram-se na VSFB, principalmente ao norte da região, com IA entre 0,32 a 0,55. O norte do VSFB é responsável pelo polo da fruticultura do estado, sendo responsável por 10% da fruticultura nacional (IBGE, 2015).

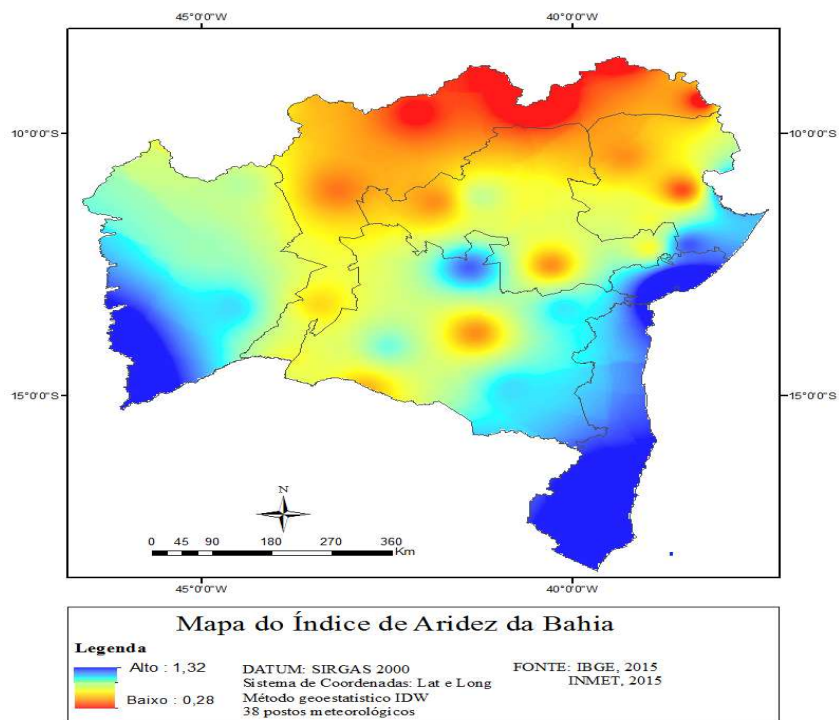


Figura 3. Distribuição do índice de aridez e áreas com potencial de risco de desertificação do estado da Bahia, período 2000 a 2014.

CONCLUSÕES

A aplicação do método do índice de aridez utilizando dados de precipitação, temperatura e evapotranspiração, correspondente ao período de 2000 a 2014, permitiu identificar cinco mesorregiões no estado da Bahia como áreas com risco de desertificação. Apenas as mesorregiões Metropolitana de Salvador e a Sul Baiano não foram classificadas como áreas susceptíveis à desertificação. Estas regiões apresentaram os maiores valores de precipitação pluvial anual.

As duas mesorregiões consideradas como polos agrícolas da Bahia, a Extremo Oeste Baiano, com a produção de grãos, e a Vale São-Franciscano da Bahia, com a fruticultura, apresentaram áreas com potencial de risco de desertificação.

Os menores índices de aridez do estado foram encontrados na mesorregião do VSFB sendo classificada como uma área de alto risco de desertificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. J. A.; SILVA, M. C. da; SILVA, V. dos S.; CARVALHO, V. C. Indicadores climáticos das áreas de desertificação nos Cariris Velhos da Paraíba. **Revista Geonorte**. Edição Especial 2, v.1, n.5, p.585 – 597, 2012.

ARAÚJO, C. S. F.; SOUSA, A. N. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciência & Educação**, Bauru. v.17, n.4, p. 2011.



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

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos países afetados por seca e/ou desertificação**. Brasília, 1994. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/documentos/convs/conv_desertificacao.pdf. Acesso em março de 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Organizador do texto: Marcos Oliveira Santana. Brasília, 2007. 134p.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A. Terra e clima no Brasil. São Paulo: Editora Oficina de Textos, p.464, 2009.

CHEN, F. W.; LIU, C. W. Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan. **Paddy Water Environ**, v. 10, p. 209-222, 2012.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos - Safra 2011/ 2012**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/boletim_marco_2012.pdf Acesso em: fevereiro de 2013.

DOURADO, C. da S. **Mineração de Dados Climáticos para Análise de Eventos Extremos de Precipitação**. 2013, 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2013.

DOURADO, C. da S.; OLIVEIRA, S. R. M. de; AVILA, A. M. H de. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v.72, n. 2, p.192-198, 2013.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Clima da Bahia. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em março de 2015

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2015.

LU, G.Y.; WONG, D.W. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. **Computers & Geosciences**, v. 34, p.1044-1055, 2008.

MARCUZZO, F. F. N; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas no estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.4, p.793-804, 2011.

MARTINS, S. C.; ASSAD, E. D.; DOURADO, C. da S.; SOUSA NETO, E. R. **Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil II –Agronegócio e Agricultura Familiar**. Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável – FBDS, Brasília, 2014, 112p.

PAIVA, A. Q.; ARAÚJO, Q. R.; GROSS, E.; COSTA, L. M. O deserto de Surubabel na Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v. 8, n. 1, p. 21-23, 2007.

PROGRAMA DE AÇÃO NACIONAL DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO -PAN-BRASIL. **Combate a desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília: MMA/SRH. 242p. 2005.



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



ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, 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.

SANTOS, D. N. dos; SILVA, V. de P. R. da; SOUSA, F. de A. S.; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande vol.14, n. 5, 2010.

SILVA, B. B. **Aplicações Ambientais Brasileiras de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Campina Grande, EDUFCA. 2013. 217p.

SOUSA, R.F.; FERNANDES, M.F.; BARBOSA, M.P.; Vulnerabilidades, semiaridez e desertificação: cenários de riscos no Cariri Paraibano. **Revista Okara: Geografia em debate**. v. 2, n°2, p.128-206, 2008.

THORNTHWAITE, C. W. **Atlas of climatic types in the United States 1900-1939**. U. S. D. Misc. Publ. N° 421, 5 pp. 95 plates. 1941.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. New York, v.38, p.55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

UNEP. United Nations Environment Programme. **World Atlas of Desertification**. Londres:UNEP/Edward Arnold, 1992. 69p.