

**APTIDÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DA PARAÍBA
PARA O SORGO (*Sorghum bicolor*)**

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO¹, DJAIL SANTOS²; MARIA MARLE BANDEIRA³;
CARLOS LAMARQUE GUIMARÃES⁴; DANILO ERICKSEN COSTA CABRAL^{5*}

¹Dr. Pesquisador Bolsista DCR CNPq/Fapesq, UFPB, Areia-PB, paulomegna@gmail.com

²Dr. Prof. Titular CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

³Ms. Meteorologista, AESA, Campina Grande-PB, marle@aesa.pb.gov.br

⁴Dr. Prof. IFPB, João Pessoa-PB, carlos.guimaraes@ifpb.edu.br

⁵Ms. Analista, AESA, Campina Grande-PB, danilo@aesa.pb.gov.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou elaborar o mapeamento da aptidão climática para a cultura agrícola do sorgo no estado da Paraíba, considerando a variabilidade natural do regime de chuvas, estabelecida em três cenários pluviométricos. Foram utilizados dados pluviométricos mensais de séries com vinte anos ou mais de observações. Para cada posto pluviométrico, foi estabelecido o total de precipitação registrado nos três meses consecutivos mais chuvosos de cada ano hidrológico. Os dados foram ajustados utilizando-se a distribuição gama incompleta e verificada a qualidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 95%. No cálculo do balanço hídrico climatológico foram utilizados os dados obtidos para capacidade de campo de armazenamento de água no solo de 100mm. Foi elaborado o cálculo de área para os cenários pluviométricos seco, regular e chuvoso com probabilidade de chuvas de 25, 50 e 75%, respectivamente. Os dados foram espacializados e construídos mapas dos parâmetros climáticos utilizando krigagem. Pode-se constatar que as áreas com aptidão C5 ocorrem sobre o Planalto da Borborema nos cenários seco, regular e chuvoso; As áreas com aptidão C4 diminuem muito em área conforme a probabilidade da precipitação aumenta nos cenários regular e chuvoso; A classe de aptidão C2 para a cultura do sorgo ocorre no cenário chuvoso nos contrafortes do Planalto da Borborema e na depressão do rio Piranhas; A classe de aptidão climática C3 ocorre em maior área no cenário chuvoso; A classe C1 ocorre em maior área no cenário regular.

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia, aptidão agrícola, cenário pluviométrico, probabilidade.

CLIMATIC APTITUDE OF PARAÍBA STATE FOR SORGHUM (*Sorghum bicolor*)

ABSTRACT: The objective of this work was mapping of climatic aptitude suitability for Sorghum in the Paraíba state of Brazil, considering the natural variability of rainfall, established in three rainfall scenarios. Monthly rainfall data series with twenty or more years of observations were used. For each rainfall station, it was established the total rainfall recorded in the three consecutive months rainiest of each hydrological year. Data adjustments were made using the incomplete gamma distribution and checked for quality by the Kolmogorov-Smirnov test at 95% significance level. The calculation of the climatic water balance equation using the data obtained for water storage field capacity on the ground 100mm. It was prepared the area calculation for the rainfall scenarios drought, regular and rainy years, with rain probability of 25, 50 and 75%, respectively. Data were spatialized and climatic maps of climatic parameters have been made using the software surfer 9.0. Can observe that areas with C5 occur on the Plateau of Borborema in dry scenarios, regular and rainy; Areas with C4 decrease much in the area as the likelihood of precipitation increases in regular and rainy scenarios; C2 aptitude class occurs in the rainy scene in the foothills of the Borborema Plateau and depression of the Piranhas river; Class climate aptitude C3 occurs in most area in the rainy scenery; C1 class occurs in larger area in regular scenario.

KEYWORDS: Climatology, agricultural potential, rainfall scenario, rain probability.

INTRODUÇÃO

O sorgo é uma planta de origem tropical, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, exigindo, por isso, um clima quente para poder expressar seu potencial de produção (MAPA, 2014). A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil (Tabosa et al., 2002). A cultura do sorgo exige em torno de 300 a 400mm de precipitação pluviométrica, distribuídos regularmente durante o seu ciclo de crescimento e desenvolvimento para que se alcancem níveis de produtividade satisfatórios, sem a necessidade de irrigação suplementar. A cultura tolera ocorrências de deficiência hídrica, inclusive pequenos veranicos, sendo considerada resistente à seca. As fases fenológicas críticas da cultura correspondem ao estágio de plântula e no florescimento, sendo importante nessas épocas um adequado nível de suprimento de água para uma boa produção (Tabosa et al., 2002; Barros et al., 2012).

O estudo do comportamento espacial de um determinado elemento climático, como é o caso da precipitação, é fundamental para o mapeamento de áreas de aptidão para agricultura, bem como para o planejamento das atividades agrícolas (Silva et al., 2010). De acordo com Vieira et al. (2010) a precipitação pluvial de determinado local pode ser estimada, dentre outras formas, em termos probabilísticos, mediante modelos teóricos de distribuição ajustados a uma série de dados. Conforme Jakob (2003), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados.

Portanto este trabalho objetiva elaborar o zoneamento da aptidão climática para a cultura agrícola do sorgo, considerando a variabilidade natural do regime pluviométrico, estabelecida em três cenários pluviométricos utilizando a krigagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Estado da Paraíba que apresenta uma área de 56.372 km². Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (Francisco, 2010).

Na metodologia de trabalho utilizaram-se os totais mensais de precipitações obtidos nos postos pluviométricos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série. No cálculo da temperatura média do ar foram utilizados os dados estimados pelo software Estima_T (Cavalcanti et al., 2006) e especializados pelo método estatístico de interpolação de krigagem. Para o cálculo do balanço hídrico foram utilizados os dados obtidos para capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD) de 100mm, onde o modelo utilizado foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1955).

Para a determinação dos diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizado com auxílio do modelo probabilístico de distribuição Gama incompleta (Thom, 1958). A discriminação dos cenários pluviométricos seguiu a metodologia proposta por Varejão e Barros (2002) onde foi estabelecido o total de precipitação pluviométrica registrado nos três meses consecutivos mais chuvosos de cada ano hidrológico completo. Em seguida, a distribuição gama incompleta (Assis et al., 1996), foi ajustada à série desses totais em cada posto. A qualidade do ajustamento da curva teórica aos valores observados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1980) ao nível de significância de 95%. Os critérios para discriminar os anos hidrológicos de cada posto pluviométrico foram enquadrados em uma das categorias indicadas (Varejão-Silva, 2001): a) Anos secos - aqueles em que o total de precipitação, acumulado nos três meses consecutivos mais chuvosos, for igual ou menor que o valor correspondente à probabilidade de 25%; b) Anos chuvosos - aqueles cujo total de precipitação, acumulado nos três meses consecutivos mais chuvosos, é superior ao valor correspondente à probabilidade de 75%; c) Anos regulares - todos aqueles anos não classificados nas duas categorias anteriores.

Para avaliação de aptidão climática da cultura do sorgo, foram utilizados os critérios conforme a metodologia adaptada de Barros et al. (2012). Para este trabalho foram calculadas a deficiência hídrica, excedente hídrico e o de relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial expressas em termos de um ou mais dos seguintes parâmetros mensais: Pm/EPm - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial no mês m; EXCm - Estimativa do excedente hídrico no mês m; e DEFm - Estimativa da deficiência hídrica no mês m.

Os critérios utilizados para caracterizar os graus de aptidão climática do milho foram obtidos a partir do balanço hídrico climatológico mensal (Varejão Silva e Barros, 2002). Foram usados os

índices: $j = 1, 2$ e 3 (cumulativo), para designar os três meses iniciais do ciclo; e $i = 1, 2$ ou 3 (não cumulativo) para indicar um dos três meses iniciais do ciclo; os outros dois meses foram representados por k . Por exemplo: se $i = 3$, então $k = 1$ e 2 . O último mês (secagem e colheita) foi representado pelo índice 4 . Foram adotados os parâmetros relacionados aos meses ($1, 2, 3$ e 4) de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do sorgo

Aptidão Climática	EXC (mm)	DEF (mm)	P/EP (mm)	PREC (mm)
C3-Moderada por excesso hídrico	≥ 300			≥ 600
C2-Plena com período chuvoso prolongado	$200 < EXC_j \leq 300$		$P_4/EP_4 \geq 1$	$500 < PREC \leq 600$
C1-Plena sem restrição	$0 < EXC_j \leq 200$	$DEF_i < 10$	$P_4/EP_4 < 1$	$400 < PREC \leq 500$
C4-Moderada por deficiência hídrica		$DEF_i < 20$	$P_4/EP_4 < 1$	$280 < PREC \leq 400$
C5-Inapta por deficiência hídrica acentuada		$DEF_i \geq 20$		< 280

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 1), cenário seco com 25% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão C5 em 52,87% da área representando 29.801,84 km² (Tabela 2) abrangendo parte da região do Agreste, Cariri e Curimataú, e parte do Sertão.

Figura 1. Aptidão climática no cenário seco para a cultura do sorgo.

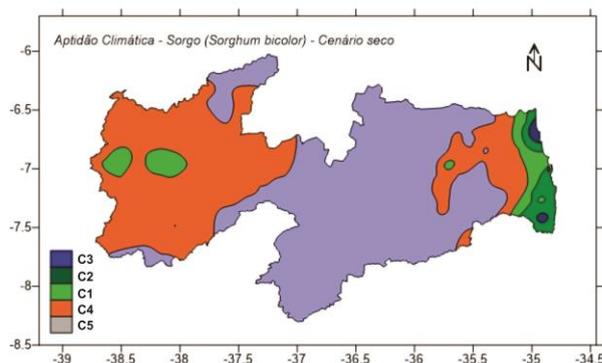


Tabela 2. Classes de aptidão climática para cultura do sorgo

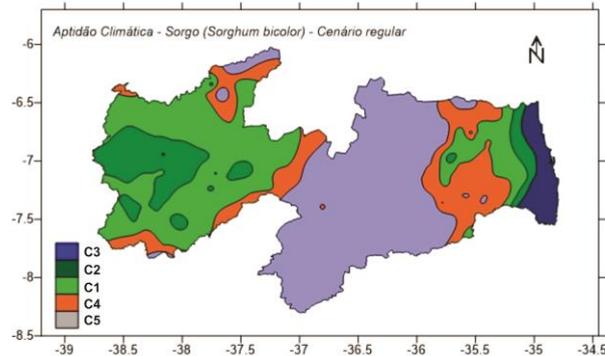
Legenda	Aptidão climática	Cenário pluviométrico					
		Seco		Regular		Chuvoso	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
C1	Plena	2.625,34	4,65	16.859,34	29,91	4.911,60	8,71
C2	Plena com período chuvoso prolongado	1.464,30	2,60	6.240,24	11,07	9.578,46	16,70
C3	Moderada por excesso hídrico	225,21	0,40	2.342,71	4,16	18.345,58	32,64
C4	Moderada por deficiência hídrica	22.255,31	39,48	8.876,29	15,75	5.314,68	9,43
C5	Inapta por deficiência hídrica acentuada	29.801,84	52,87	22.052,92	39,11	18.221,68	32,52

Observa-se que a classe de aptidão C4 ocorre em 39,48%, ocupando 22.255,31 km² da área do Estado. Estas áreas ocorrem na região do Sertão do Estado e em parte do Agreste e Brejo. No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo, observa-se que apresenta pequena área mapeada para a aptidão climática C3 localizada no Litoral com 225,21 km² representando 0,40% da área total. Observa-se que a classe de aptidão climática C2 com 1.464,30 km² representando 2,60% da área total, ocorre em quase toda a faixa Litorânea excluindo a parte central. A classe de aptidão C1, com 2.625,34 km² representando 4,65% da área total, ocorre nas regiões do Litoral e Agreste.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo, cenário regular com 50% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão C5 em 39,12% da área representando 22.052,92 km², abrangendo o Cariri e Curimataú, pequena área ao norte do Sertão com divisa com o

Estado do Rio Grande do Norte. Observa-se que a classe de aptidão C4 ocorre em 15,75%, ocupando 8.876,79 km² da área do Estado. Estas áreas ocorrem na região do Sertão do Estado entre o planalto da Borborema e a depressão do Sertão e nos contrafortes em divisa com Pernambuco e na região ao norte com divisa com o Rio Grande do Norte; e em parte do Agreste ao sul e Brejo ao norte.

Figura 2. Aptidão climática no cenário regular para a cultura do sorgo



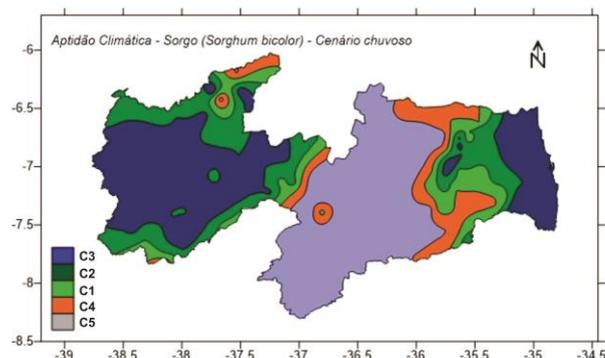
No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 2), observa-se que apresenta área mapeada para a aptidão climática C3 com 2.342,71 km² representando 4,16% da área total localizada somente na região do Litoral do Estado. Observa-se que a classe de aptidão climática C2 com 6.240,24 km² representando 11,07% da área total, ocorre na faixa Litorânea entre as classes C3 e C1; e na região central do Sertão Paraibano. A classe de aptidão C1, com 16.859,34 km² representando 29,91% da área total, ocorre em faixa da região do Litoral e Agreste e na região do Brejo; e em quase todo o Sertão Paraibano em áreas com altitude mais baixas entre 300 m.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 3), cenário chuvoso com 75% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão C5 em 32,32% da área representando 18.221,68 km², sob o planalto da Borborema nas regiões do Cariri e Curimataú. Observa-se que a classe de aptidão C4 ocorre em 9,43%, ocupando 5.314,68 km² da área do Estado. Estas áreas ocorrem entre a região do Sertão do Estado área de divisa entre o planalto da Borborema ao oeste; e ao leste entre a região do Brejo e Agreste nos contrafortes da Serra da Borborema adentrando ao Agreste.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo, observa-se que apresenta área mapeada para a aptidão climática C3 com 18.345,58 km² representando 32,54% da área total localizada entre toda a região do Litoral do Estado e em pequena área de maiores altitudes próximo ao município de Areia região do Brejo; e ao oeste em toda a região Central do Sertão.

Observa-se que a classe de aptidão climática C2 com 9.578,46 km² representando 16,7% da área total, ocorre na faixa Litorânea entre as classes C3 e C1 na região do Agreste e Brejo em pequenas áreas; e na região do Sertão Paraibano ocorrendo entre os contrafortes do planalto da Borborema e ao norte fazendo divisa com o Estado do Rio Grande do Norte. A classe de aptidão C1, com 4.911,60 km² representando 8,71% da área total, tem o mesmo comportamento da classe de aptidão Plena, ocorrendo entre as classes C2 e C4.

Figura 3. Aptidão climática no cenário chuvoso para a cultura do sorgo.



CONCLUSÕES

As áreas com aptidão C5 ocorrem sobre o Planalto da Borborema nos cenários seco, regular e chuvoso e as áreas com aptidão C4 diminuem muito em área conforme a probabilidade da precipitação aumenta nos cenários regular e chuvoso.

A classe de aptidão C2 ocorre no cenário chuvoso nos contrafortes do Planalto da Borborema e na depressão do rio Piranhas; a classe de aptidão climática C3 ocorre em maior área no cenário chuvoso; e a classe C1 ocorre em maior área no cenário regular.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Assis, F. N.; Arruda, H. V. de; Pereira, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. UFPel, Pelotas, 1996. 161p.
- Barros, A. H. C.; Varejão-Silva, M. A.; Tabosa, J. N. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.
- Cavalcanti, E. P.; Silva, V. de P. R.; Sousa, F. de A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.140-147, 2006.
- Francisco, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M. de; Santos, D.; Matos, R. M. de. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, p.1006-1016, 2015.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Integrado de Legislação. BINAGRI SISLEGIS. Portaria 233/2014 de 24/11/2014. 2014. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=304999056>>. Acesso em: 16 de março de 2016.
- Massey Jr, F. J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. Journal of American Statistical Association, v.46, p.68-78, 1980.
- Silva, R. M. da; Silva, L. P.; Montenegro, S. M. G. L.; Santos, C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. Sociedade & Natureza, v.22, p.357-372, 2010.
- Tabosa, J. N. Reis, O. V. dos; Brito, A. R. M. B.; Monteiro, M. C. D.; Simplício, J. B.; Oliveira, J. A. C. de; Silva, F. G. da; Neto, A. D. A.; Dias, F. M.; Lira, M. A.; Filho, J. J. T.; Nascimento, M. M. A. do; Lima, L. E. de; Carvalho, H. W. L. de; Oliveira, L. R. de. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, p.47-58, 2002.
- Thom, H. C. S. A note on the gama distribution. Monthly Weather Review, v.86, p.117-122, 1958.
- Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographic Review, v.38, p.55-94, 1948.
- Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.
- Varejão-Silva, M. A.; Barros, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. (Relatório Técnico). Recife: COTEC/DATA AGROS/SPRRA-PE, 38p. 2001.
- Varejão-Silva, M. A. Meteorologia e climatologia. Brasília, DF: INMET, 515p. 2001.
- Vieira, J. P. G.; Souza, M. J. H. de; Teixeira, J. M.; Carvalho, F. P. de. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.762-767, 2010.