ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Potencial pedoclimático do estado da Paraíba para a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*)

Paulo Roberto Megna Francisco¹, Djail Santos², Eduardo Rodrigues Viana de Lima³

¹ Dr. em Eng. Agrícola, Pesquisador DCR CNPq/Fapesq, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia-PB. paulomegna@gmail.com.br (autor correspondente). ² Dr. em Ciência do Solo, Prof. Titular CCA, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia-PB. santosdj@cca.ufpb.br. ³ Dr. em Geografia, Prof. Associado CCEN, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa-PB. eduvianalima@gmail.com.

Artigo recebido em 18/09/2016 e aceito em 20/03/2017

RESUMO

O Nordeste oferece condições favoráveis a cultura do sorgo, uma vez que é resistente às baixas e irregulares precipitações pluviométricas que ocorrem na região, requerendo temperatura mais altas para seu desenvolvimento. É uma cultura tolerante a diversas condições de solo, e pode ser cultivado satisfatoriamente em solos que variam de argilosos a ligeiramente arenosos. Visando subsidiar um melhor planejamento de uso das terras e de aplicação de recursos econômicos na produção da cultura, este trabalho objetivou associar e mapear as informações de ordem pedológica e climática, caracterizando e indicando o potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura do sorgo, em nível de manejo desenvolvido e em três cenários pluviométricos. Na obtenção dos mapas de potencial pedoclimático, as informações do potencial dos solos foram cruzadas com aquelas da aptidão climática considerando três cenários pluviométricos: anos chuvosos, anos regulares e anos secos. O cruzamento das informações foi realizado por meio de técnicas de geoprocessamento utilizando o software SPRING e obtendo-se os mapas do potencial pedoclimático. O resultado das interpretações foi classificado em quatro classes: Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo. Os resultados demonstraram que para a cultura do sorgo não foram observadas diferenças significativas na extensão territorial das classes e subclasses de potencial pedoclimático; A classe de potencial pedoclimático Muito Alto não foi mapeada neste trabalho devido a fatores restritivos dos solos e climáticos; Na classe Muito Baixa de potencial pedoclimático a diferença na mudança foi pouco significativa conforme o aumento da probabilidade de ocorrência de chuvas no Estado.

Palavras-chave: geotecnologias, planejamento de uso da terra, potencial pedológico, probabilidade de chuvas, aptidão climática.

Pedoclimatic potential of the Paraíba state to cultivation of sorghum (*Sorghum bicolor*)

ABSTRACT

The Northeast offers favorable conditions for sorghum, since it is resistant to low and irregular rainfall occurring in the region, requiring higher temperatures to develop. It is a crop tolerant to different soil conditions and can be satisfactorily grown in soils vary from sandy clay slightly. In order to support better planning of land use and application of economic resources in the production of culture, this study aimed to associate and map information pedological and climate order, characterizing and indicating the pedoclimatic potential of Paraíba State for the sorghum crop, in developed management level and three rainfall scenarios. For obtaining pedoclimatic potential maps, the information for soil potential were combined with that to climate ability considering three rainfall scenarios: wet years, dry years and regular years. Information crossing was carried out by techniques of geoprocessing using the SPRING software and maps of soil and climate potential were obtained. The interpretation results were classified into four pedoclimatic potential classes: Very High, High, Medium, Low and Very Low. The results showed that for sorghum no significant differences were observed in the territorial extension of the classes and subclasses pedoclimatic potential; The potential class pedoclimatic Very High was not mapped in this work due to restrictive factors of soil and climate; In class Very Low potential pedoclimatic the difference in the change was not significant as the increased likelihood of rain in the state.

Keywords: geotechnology, land use planning, pedological potential, rain probability, climate aptitude.

Introdução

O sorgo é uma planta anual pertencente à família *Gramineae*, de origem tropical, de

crescimento ereto e com elevada capacidade de produção de massa e grãos, sendo sua constituição

semelhante do milho, servindo para o pastoreio, feno e silagem, visando a alimentação animal (Sawazaki, 1998). Os cultivares de colmo, sucoso e doce, também conhecidos como sacarinos, são muito utilizados para silagem, podendo ser usados como substitutos da cana de açúcar para a produção de álcool ou de açúcar (Sousa et al., 2003).

O maior uso de grãos de sorgo no Brasil está na avicultura e suinocultura. Bovinos, equinos e pequenos animais são também consumidores, mas em menor proporção. A silagem de sorgo e o pastejo são igualmente utilizados para rebanhos de corte e de leite (Embrapa, 2007).

O sorgo é uma cultura que no contexto da agropecuária brasileira vem se destacando a cada dia, por ser uma gramínea bastante energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, nos quais é difícil o cultivo de outras espécies (Buso et al., 2011).

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 planta do sorgo tolera mais o déficit de água do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo (Magalhães et al., 2010).

O Nordeste oferece condições favoráveis a sua cultura, uma vez que o sorgo é resistente às baixas e irregulares precipitações pluviométricas que ocorrem na região, requerendo temperatura entre 27-32°C para seu desenvolvimento. É uma cultura tolerante a diversas condições de solo, devendo ser cultivado principalmente naqueles locais em que as chuvas se revelam insuficientes para a cultura do milho. Pode ser cultivado satisfatoriamente em solos que variam de argilosos a ligeiramente arenosos. Entretanto, exige solos bem preparados, com acidez corrigida, bom teor de matéria orgânica, pH entre 5,5 e 6,5, topografia plana e não muito úmidos. Os solos mal drenados são os únicos que não se recomendam para esta cultura. Os solos aluviais prestam-se muito bem ao cultivo do sorgo, desde que adequadamente preparados (Embrapa, 2008).

De acordo com Embrapa (2012), quanto ao solo, o sorgo é uma cultura tolerante a diversas condições de fertilidade natural, podendo ser cultivado em solos que variam de textura argilosa a ligeiramente arenosa (Landau e Sans, 2010). Algumas cultivares são relativamente tolerantes à

salinidade. Para alcançar boas produtividades, o sorgo requer solos profundos e bem drenados, ricos em matéria orgânica, relevo plano e declividade inferior a 5%. Por outro lado, não tolera solos ácidos, notadamente com teores de Al^{3+} elevado, com caráter alumínico ou alítico, além daqueles mal drenados. A cultura é principalmente exigente nos elementos nitrogênio e potássio (Coelho et al., 2002).

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). De acordo com Embrapa (2012) os estados da região Nordeste, em função da irregularidade no regime de chuvas, o cultivo do sorgo é realizado durante a estação chuvosa, período curto e com distribuição irregular, caracterizado, ainda, por ocorrência de veranicos, com 15 a 20 dias sem chuvas. As condições climáticas durante o desenvolvimento e o crescimento da cultura são importantes para a qualidade do produto e produção final.

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; EMBRAPA, 2012).

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2014) a temperatura do ar ótima para o desenvolvimento da cultura varia com a cultivar. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento, não suportando, normalmente, temperaturas abaixo de 16°C, sendo que temperaturas superiores a 38°C também reduzem a produtividade. Apesar de resistente à seca, a ocorrência de déficits hídricos, principalmente na fase de florescimento e de enchimento de grãos, pode provocar redução acentuada na produção.

Por pertencer ao grupo de plantas C4, o sorgo suporta elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas,

minimizando a abertura dos estômatos e consequente perda d'água. Assim, o aumento da intensidade luminosa implica em maior produtividade, sempre que as demais condições sejam favoráveis (Embrapa, 2012). Nas semeaduras tardias e nos cultivos após uma safra de verão a produtividade do sorgo é bastante afetada pelo regime de chuvas, pelas limitações de radiação solar e pelas temperaturas baixas durante o final do ciclo (Mapa, 2014).

Visando subsidiar um melhor planejamento de uso das terras e de aplicação de recursos econômicos na produção da cultura, este trabalho objetiva associar e mapear as informações de ordem pedológica e climática,

caracterizando e indicando o potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura do sorgo, em nível de manejo desenvolvido e em três cenários pluviométricos.

Material 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 (Figura 1) (Francisco, 2010).

Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Francisco et al. (2015).

Neste trabalho a base principal de dados utilizada é o Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Paraíba, 1978) e o mapa de solos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Paraíba, 2006) na escala de 1:200.000, representando a área de estudo e a ocorrência e distribuição das classes de solos predominantes no Estado.

Para elaboração dos mapas foi utilizado a base de dados de Francisco et al. (2014) desenvolvida no software SPRING 5.2.2 com projeção UTM/SAD69. Esta base de dados contém o mapa digital de solos do Plano Estadual

de Recursos Hídricos (Paraíba, 2006) atualizado em seus limites conforme (IBGE, 2009), e o mapa de classe de capacidade de uso da terra. Utilizando o Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Paraíba, 1978) elaborou-se a classificação dos polígonos de solos a partir da chave da fórmula básica da classe de capacidade de uso da terra, onde foram interpretadas as unidades de solos, sendo adotadas as cores das legendas conforme o manual de Lepsch et al. (1996) e elaborado o mapa (Figura 2).

Figura 2. Mapa de capacidade de uso das terras do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2014).

Conforme a metodologia de PARAÍBA (1978), para a avaliação da cultura do sorgo foram eleitas categorias de terras que apresentam de maneira geral os grupos com as seguintes aptidões:

- Categoria 1: áreas com classes e/ou associações de classes de capacidade de uso, que são próprias para a cultura com limitações ligeiras de utilização, impostas pelas características dos solos, topografia e erosão. Correspondem as classes de Capacidade de Uso das categorias A e B do potencial das Terras. Da categoria A: II2 a II7, III1 a III15. Da categoria B: II8, III16 e III18.

- Categoria 1a: áreas com associações de classes de capacidade de uso com dominância de terras próprias para culturas, que apresentam limitações ligeiras de utilização, impostas pelas características dos solos, topografia e erosão. Correspondem a todas as classes de Capacidade de Uso das categorias C e C1 do potencial das Terras. Da categoria C1: II9, III19, III20, III22, III25 a III28. Da categoria C: III30, III32 a III42.

- Categoria 1b: áreas com classes e/ou associações de classes de capacidade de uso representada por solos aluvionais, apropriados para as culturas com problemas moderados e/ou complexos de drenagem. Correspondem as classes de Capacidade de Uso das categorias E do

potencial das Terras. Da categoria E: III1, III10, III21, III31, e III105.

- Categoria 2: áreas com classes de capacidade de uso com limitações moderadas para utilização com a cultura, devido as características de fertilidade e/ou topografia. Correspondem as classes de Capacidade de Uso da categoria D1 do potencial das Terras. Da categoria D1: IV1 a IV5, IV9 e IV10.

- Categoria 2a: áreas com associações de classes de capacidade de uso da Categoria 2. Correspondem as classes de Capacidade de Uso da categoria D1 do potencial das Terras. Da categoria D1: IV6, IV7, IV11 a IV21.

- Categoria 2b: áreas com classes de capacidade de uso com fortes limitações para utilização com a cultura devido as características de drenagem e associações de classes de terras inaptas para a cultura. Correspondem as classes de Capacidade de Uso da categoria D2 do potencial das Terras. Da categoria D2: IV85, IV86, IV89 a IV104.

- Categoria 2c: áreas com classes de capacidade de uso com limitações severas para utilização com a cultura devido as características de drenagem imperfeita e associações de classes de terras inaptas para a cultura. Correspondem as classes de Capacidade de Uso da categoria F do

potencial das Terras. Da categoria F: III17, III24, III29, IV22 a IV80.

- Categoria 3: áreas com classes de capacidade de uso com fortes limitações para utilização com a cultura, devido as características de baixa fertilidade do solo e/ou da drenagem excessiva. Correspondem as classes de Capacidade de Uso da categoria D2, F e G1 do potencial das Terras. Da categoria D2: IV81 a IV84. Da categoria F: IV8. Da categoria G1: VI9.

- Categoria I: áreas impróprias para a exploração com a cultura, sendo representada por classes de capacidade de uso ou associações de classes cujas características dos solos e/ou topografia apresentam restrições severas para utilização, correspondendo as demais categorias do Potencial das Terras.

Nesta interpretação considerou-se apenas o potencial dos solos em sistema de manejo desenvolvido, que se caracteriza por aplicação mais ou menos intensiva do capital e um razoável nível de conhecimentos técnicos especializados, para a melhoria das condições dos solos e das culturas, não se justificando nem um baixo, nem um muito alto nível de manejo, com resultados duvidosos principalmente do ponto de vista econômico. As práticas de manejo são levadas a efeito, na maioria dos casos, com auxílio de tração motorizada e utilizando resultados de pesquisas agrícolas.

Para viabilizar a elaboração do mapa do potencial pedológico e também visando a padronização cartográfica os mapas foram categorizados de acordo com metodologia adaptada de EMBRAPA (2012) nas seguintes classes: Muito Alto - Categoria 1 (Aptidão Plena); Alto -Categoria 1a e 1b (Aptidão Plena); Média - Categoria 2, 2a, 2b e 2c (Aptidão Moderada); Baixo- Categoria 3 (Aptidão Restrita); Muito Baixo - Categoria I (Inapta).

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 (AESAPB). A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série. Para cada localidade com série de observação igual ou superior a vinte anos, foi considerado para o período disponível, independente do início.

Na elaboração deste trabalho foi estimado as médias mensais de temperatura do ar naqueles locais onde apenas se dispunham de dados de chuva. Na metodologia adotada foram utilizados valores da temperatura média do ar dos últimos 30 anos estimados pelo software Estima_T

(Cavalcanti et al., 2006). Na elaboração do mapa de pluviosidade foi utilizada a metodologia proposta por EMBRAPA (2012) e adaptada para o Estado da Paraíba por Francisco et al. (2015a).

A discriminação dos cenários pluviométricos, anos secos, regulares e chuvosos, seguiu a metodologia proposta por Varejão-Silva e Barros (2002). Para cada posto pluviométrico, 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), seguindo a conceituação de Thom (1958), foi ajustada à série desses totais em cada posto, seguindo a metodologia indicada por Mielke (1976) e utilizada pela EMBRAPA (2012). 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%. Esses mesmos critérios foram aplicados em todas as séries pluviométricas. Como a curva de distribuição da chuva acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos é específica para cada posto, os valores correspondentes às probabilidades de 25, 50 e 75% também são específicos de cada posto (Varejão-Silva, 2001).

Os conjuntos dos anos secos, regulares e chuvosos de cada posto foram utilizados para obter as correspondentes médias mensais dos totais pluviométricos, necessárias para caracterizar os respectivos cenários. 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 EMBRAPA (2012) onde foi realizada simulações de balanço hídrico sequencial que permitiu uma visão da influência da deficiência e do excesso hídrico do plantio à colheita, mediante aos parâmetros adotados.

Para este trabalho foram elaborados os mapas de 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 sorgo foram obtidos

a partir do balanço hídrico climatológico mensal (Varejão Silva e Barros, 2002). Foram utilizados 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. Classes de aptidão climática para a 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	$200 < EXC_i \leq 300$		$P_4/EP_4 \geq 1$	$500 < PREC \leq 600$
C1-Plena sem restrição	$0 < EXC_i \leq 200$	$DEF_i < 10$	$P_4/EP_4 < 1$	$400 < PREC \leq 500$
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 EMBRAPA (2012).

Na metodologia de trabalho, após a obtenção dos mapas do potencial pedológico e dos mapas da aptidão climática, nos cenários pluviométricos com anos chuvosos, regulares e secos, foram cruzados através da Linguagem Espacial Geográfica Algebrica (LEGAL),

utilizando o software SPRING, e obtiveram-se os mapas do potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura em estudo. As classes prováveis obtidas foram 5 classes e 25 subclasses do potencial pedoclimático (Tabela 2).

Tabela 2. Classes e subclasses de potencial pedoclimático

Potencial pedológico (S)	Aptidão climática (C)				
	C1 - Plena	C2 - Plena (PCP)	C3 - Moderada (EH)	C4 - Moderada (DH)	C5 - Inapta
S1 – Muito Alto	MA1	MA2	M3	M4	MB5
S2 - Alto	A3	A4	M5	M6	MB6
S3 - Médio	M1	M2	M7	M8	MB7
S4 - Baixo	B1	B2	B3	B4	MB8
S5 - Muito Baixo	MB1	MB2	MB3	MB4	MB9

PCP=Período chuvoso prolongado; EH=Excesso hídrico; DH=Deficiência hídrica; MA=Muito Alta; A=Alta; M=Médio; B=Baixo; MB=Muito Baixo. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2012).

Conforme a metodologia da EMBRAPA (2012), o potencial pedoclimático é restringido pela limitação de solo e/ou de clima que ocorrer com maior intensidade no ambiente. Por exemplo, ambiente com potencial pedológico Alto e com aptidão climática Inapta, terá seu potencial pedoclimático limitado pelo clima. Da mesma forma, as áreas com clima favorável ao cultivo, mas com potencial pedológico restritivo, terão o potencial pedoclimático limitado por atributos de solo.

Resultados e discussão

No mapa de potencial pedológico para a cultura do sorgo (Figura 3), observa-se que não se identificou terras com potencial Muito Alto. Isto ocorre devido às exigências pedológicas para o plantio do sorgo e pelos solos não apresentarem as características necessárias ao desenvolvimento da cultura. Resultados similares encontrados por EMBRAPA (2012) elaborando o potencial para o Estado de Alagoas.

Identificou-se 5.661,87 km² de terras com Potencial Alto, representando 10,05% (Tabela 3)

da área total do Estado distribuídas na região do Litoral e do Agreste ao sul do Estado, sob o

Planalto da Borborema, e na região do Alto Sertão e no Sertão.

Figura 3. Potencial pedológico do Estado da Paraíba para a cultura do sorgo.

Do Potencial Alto, identificou-se 5.661,87 km² de terras representando 10,05% da área total do Estado distribuídas na região do Litoral e do Agreste ao sul do Estado, sob o Planalto da Borborema, e na região do Alto Sertão e no Sertão. Observa-se por este trabalho que as áreas com Potencial Médio perfazem um total de

19.448,72 km², representando 34,5% da área total e estão distribuídas por todo o Estado.

As áreas com Potencial Baixo perfazem um total de 523,04 km², representando 0,93% da área do Estado. As áreas com Potencial Muito Baixo perfazem um total de 30.736,00 km² de terras, correspondendo a 54,52% da área total distribuídas por todo o Estado.

Tabela 3. Distribuição das classes do potencial pedológico da cultura do sorgo

Classes do Potencial Pedológico											
Muito Alta		Alto		Média		Baixo		Muito Baixo		Total	
km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
0,00	0,00	5.661,87	10,05	19.448,72	34,50	523,04	0,93	30.736,00	54,52	56.372,00	100,00

A aptidão climática do Estado da Paraíba para a cultura do sorgo apresenta variações em função do cenário pluviométrico considerado. No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 4), cenário seco, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica

acentuada (C5) em 52,87% da área (Tabela 4), representando 29.801,84 km², abrangendo parte da região do Agreste, Cariri, Curimataú e do Sertão.

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (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.

Para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3), observa-se que apresenta pequena área mapeada localizada no Litoral, com 225,21 km², representando 0,40% da área total. A classe de aptidão climática Plena com período

chuvoso prolongado (C2) apresenta 1.464,30 km² representando 2,60% da área total e ocorre em quase toda a faixa Litorânea. A classe de aptidão Plena (C1), com 2.625,34 km² representando 4,65% da área total, ocorre nas regiões do Litoral e do Agreste.

Figura 4. Aptidão climática para cultura do sorgo para o cenário seco.

Tabela 4. 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

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo cenário regular (Figura 5), observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 39,12% da

área, representando 22.052,92 km², (Tabela 4) abrangendo o Cariri e Curimataú, pequena área ao norte do Sertão com divisa com o Estado do Rio Grande do Norte.

Figura 5. Aptidão climática para cultura do sorgo para o cenário regular.

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre em 15,75%, ocupando 8.876,79 km² da área do Estado (Tabela 4). 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.

Para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3), observa-se, que apresenta área mapeada 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 Plena com período chuvoso

prolongado (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 Plena (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.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 6), cenário chuvoso, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 32,32% da área representando 18.221,68 km² (Tabela 4) sob o Planalto da Borborema nas regiões do Cariri e Curimataú.

Figura 6. Aptidão climática para cultura do sorgo para o cenário chuvoso.

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre em 9,43%, ocupando 5.314,68 km² da área do Estado (Tabela 4). Estas áreas ocorrem entre a região do Sertão do Estado, em áreas de divisa entre o planalto da Borborema; ao leste entre a região do Brejo e o Agreste nos contrafortes da Serra da Borborema.

Para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3), observa-se que apresenta área mapeada 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 Plena com período chuvoso prolongado (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 Plena (C1), com 4.911,60 km² representando 8,71% da área total, tendo o mesmo comportamento da classe de aptidão Plena, ocorrendo entre as classes C2 e C4.

No mapa de potencial pedoclimático para cultura do sorgo, no cenário seco (Figura 7), observa-se que não foi mapeada a classe Muito

Alta, isto devido estas áreas apresentarem restrições de aptidão climática e potencial pedológico. Observa-se que as áreas da classe Alta abrangem 1.050,32 km², representando 1,86% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses A3 e A4, predominando a subclasse A4. Estas classes ocorrem na região do Litoral sul do Estado, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Alto, e aptidão climática plena com período chuvoso prolongado.

Os ambientes de potencial Médio abrangem 10.996,05 km², representando 19,51% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses M1, M2, M5, M6, M7 e M8, com predomínio da subclasse M8. Estas classes ocorrem principalmente na região do Litoral do Estado e do Sertão, notadamente em ambientes que apresentam solos de potencial pedológico Médio, e aptidão climática Plena e Moderada por deficiência.

As áreas de potencial Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 157,59 km², representando 0,28% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses B1 e B4 predominando a subclasse B4. Esta classe ocorre em pequenas áreas do Agreste por apresentar aptidão climática moderada por deficiência hídrica e estar localizado em solos com potencial pedológico Baixo para a cultura.

Figura 7. Potencial pedoclimático para cultura do sorgo para o cenário seco.

Tabela 5. Classes de aptidão pedoclimática para cultura do sorgo

Classe	Subclasse	Cenário					
		Seco	%	Regular	%	Chuvoso	%
Muito Alta	MA1	-	-	-	-	-	-
	MA2	-	-	-	-	-	-
Alta	A3	378,14	0,67	2.620,92	4,65	294,79	0,52
	A4	672,18	1,19	626,32	1,11	1.593,44	2,83
Média	M1	1.130,71	2,01	4.756,23	8,44	1.985,73	3,52
	M2	141,41	0,25	2.154,84	3,82	3.228,82	5,73
	M3	-	-	-	-	-	-
	M4	-	-	-	-	-	-
	M5	46,16	0,08	874,07	1,55	2.896,50	5,14
	M6	3.105,55	5,51	741,50	1,32	236,09	0,42
	M7	-	-	412,06	0,73	4.893,31	8,68
	M8	6.572,21	11,66	3.425,12	6,08	1.897,44	3,37
Baixa	B1	1,64	-	97,72	0,17	72,68	0,13
	B2	-	-	49,71	0,09	36,22	0,06
	B3	-	-	-	-	123,11	0,22
	B4	155,96	0,28	151,43	0,27	218,38	0,39
Muito Baixa	MB1	1.113,92	1,98	9.398,57	16,67	2.552,88	4,53
	MB2	648,22	1,15	3.407,87	6,05	4.722,59	8,38
	MB3	178,96	0,32	1.053,89	1,87	10.435,87	18,51
	MB4	12.413,23	22,02	4.549,20	8,07	2.959,87	5,25
	MB5	-	-	-	-	-	-
	MB6	1.456,09	2,58	795,30	1,41	637,18	1,13
	MB7	11.597,27	20,57	8.693,00	15,42	7.434,76	13,19
	MB8	365,14	0,65	223,88	0,40	72,35	0,13
	MB9	16.395,22	29,08	12.340,40	21,89	10.080,00	17,88
Total		56.372,00	100,00	56.372,00	100,00	56.372,00	100,00

As áreas de potencial Muito Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 44.168,04 km², representando 78,35% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB3, MB4 e MB6, MB7, MB8 e MB9, predominando a subclasse MB9. Estas classes ocorrem quase todo Estado por apresentarem aptidão climática Inapta.

De acordo com EMBRAPA (2012) na maioria das situações, essas limitações ocorrem de forma associadas. Os primeiros fatores restritivos normalmente ocorrem na porção oeste do Estado que abrange a região do Sertão onde as condições ambientais (baixo regime pluviométrico e altas temperaturas) favorecem a formação de solos rasos e pedregosos com predomínio de Neossolos

litólicos ou aqueles com caráter salino/sódico e solos com problemas de drenagem, Associado a esse fato nessa região existe maior probabilidade da ocorrência de déficit hídrico.

No mapa de classes de potencial pedoclimático do cenário pluviométrico com anos regulares (Figura 8), observa-se que não foram mapeadas áreas com potencial Muito Alto. O potencial Alto, a extensão territorial abrange 3.247,23 km², representando 5,76% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses A3 e A4, predominando a subclasse A3. Estas classes ocorrem na região do Litoral e do Sertão, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Alto e aptidão climática Plena.

Figura 8. Aptidão pedoclimática para cultura do sorgo para o cenário regular.

Já os ambientes de potencial Médio abrangem 12.363,81 km², representando 21,93% da área, com ocorrência das subclasses M1, M2, M5, M6, M7 e M8, com predomínio da subclasse M1. Estas classes ocorrem principalmente na região do Litoral, Agreste, Brejo e Sertão, notadamente em ambientes por apresentarem

solos de potencial pedológico Médio, e aptidão climática Plena e Moderada por deficiência.

Observa-se que no potencial Baixo a extensão territorial abrange 298,85 km², representando 0,53% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses B1, B2 e B4. Estas ocorrem em ambientes por

apresentarem solos de potencial pedológico Baixo e aptidão climática Moderada por deficiência hídrica.

Observa-se que o potencial Muito Baixo a extensão territorial abrange 40.462,11 km², representando 71,78% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB4, MB6, MB7, MB8 e MB9, com predomínio da subclasse MB9. Estas subclasses ocorrem distribuídas por todo o Estado, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Muito Baixo, representadas por solos rasos e pedregosos e aptidão climática Inapta.

No mapa de classes de potencial pedoclimático do cenário pluviométrico com anos chuvosos (Figura 9), observa-se que não foi

mapeada a classe de potencial Muito Alto. O potencial Alto, a extensão territorial abrange 1.888,23 km², representando 3,35% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses A3 e A4, predominando a subclasse A4. Estas classes ocorrem na região do Agreste, Brejo e no Sertão, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Alto e aptidão climática Plena e aptidão Plena com período chuvoso prolongado. De acordo com EMBRAPA (2012), A região dos Tabuleiros Costeiros embora apresente solos de bom potencial para o sorgo, no cenário pluviométrico chuvoso, tem seu potencial pedoclimático limitado pelo risco de ocorrência de excesso hídrico na faixa mais próxima da região costeira.

Figura 9. Aptidão pedoclimática para cultura do sorgo para o cenário chuvoso.

Observa-se que o potencial Médio a extensão territorial abrange 15.137,89 km², representando 26,85% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses M1, M2, M5, M6, M7 e M8, predominando a subclasse M7. Estas classes ocorrem na região do Litoral, Agreste, Brejo e no Sertão, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico

Médio em função de suas limitações e associado a limitação de ordem climática aptidão climática Plena e aptidão Moderada por deficiência hídrica.

Para o potencial Baixo observa-se que a extensão territorial abrange 450,39 km², representando 0,80% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses B1, B2 B3 e B4, predominando a subclasse B4. Estas

classes ocorrem na região do Agreste e Brejo, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Baixo e aptidão climática Plena e aptidão Moderada por deficiência hídrica.

Para o potencial Muito Baixo observa-se que a extensão territorial abrange 38.895,49 km², representando 69% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB3, MB4, MB6, MB7, MB8 e MB9, predominando a subclasse MB3. Estas classes ocorrem distribuídas por todo o Estado, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Médio, Baixo e Muito Baixo, e em todas as cinco classes de aptidão climática. De acordo com EMBRAPA (2012) os fatores restritivos relacionados a este fato estão associadas as limitações de ordem pedológica, principalmente pela presença de pedregosidade, pequena profundidade efetiva, textura arenosa ou pela presença de relevo acidentado.

Na Figura 10 observa-se que todas as classes de potencial pedoclimático não tiveram variações significativas quanto a mudança de cenário pluviométrico.

Figura 10. Variações das classes pedoclimáticas em área do sorgo nos três cenários pluviométricos.

De acordo com PARAIBA (1978) o Estado apresentava 2.902,4 km² de zona pedoclimática apta a cultura do sorgo sendo considerado o cenário regular. Com este trabalho, sendo considerado três cenários pluviométricos, foi constatado para o cenário regular 3.247,23 km², estando assim com resultados bem próximos, e sua diferença é devido a utilização de um número maior de dados pluviométricos observados até a atualidade.

Conclusões

Para a cultura do sorgo não foram observadas diferenças significativas na extensão territorial das classes e subclasses de potencial pedoclimático.

A classe de potencial pedoclimático Muito Alto não foi mapeada neste trabalho devido a fatores restritivos dos solos e climático.

Na classe Muito Baixa de potencial pedoclimático a diferença na mudança foi pouca significativa conforme o aumento da probabilidade de ocorrência de chuvas no Estado.

Conclusões

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

Referências

- Assis, F.N., Arruda, H.V., Pereira, A.R., 1996. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Ed. da UFPel, Pelotas.
- Buso, W.H.D., Morgado, H.S., Silva, L.B., França, A.F.S., 2011. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. PUBVET 5, 1-29.
- Cavalcanti, E.P., Silva, V.P.R., Sousa, F.A.S., 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10, 140-147.
- Coelho, A.M., Waquil, J.M., Karam, D., Casela, C.R., Ribas, P.M., 2002. Seja o doutor do seu sorgo. Potafos, Piracicaba.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2008. Sistemas de produção: Cultivo do sorgo, 4.ed. Sete Lagoas.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Potencial Pedológico do Estado de Alagoas para Culturas Agrícolas. Relatório Técnico. Disponível: <http://ainfo.cnpq.br/digital/bitstream/item/77202/1/Relatorio-Pot-Pedologico.pdf>. Acesso: 15 nov. 2014.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Recife.
- Francisco, P.R.M., 2010. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado). Areia, UFPB.
- Francisco, P.R.M., Chaves, I.B., Lima, E.R.V., Santos, D., 2014. Tecnologia da

- geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. *Revista Educação Agrícola Superior* 29, 45-51.
- Francisco, P.R.M., Pereira, F.C., Brandão, Z.N., Zonta, J.H.Z., Santos, D., Silva, J.V.N., 2015. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 387-390.
- Francisco, P. R. M., Santos, D., Lima, E.R.V., Ribeiro, G.N., 2015. Mapeamento do potencial pedológico das terras do Estado da Paraíba. *Revista de Geografia* 32, 105-121.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Bases e referenciais, bases cartográficas, malhas digitais. Disponível: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso: 12 mar. 2011.
- Landau, E.C., Sans, L.M.A., 2010. Cultivo do Sorgo. Disponível: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/cultivares.htm. Acesso: 17 mar. 2016.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M., Rodrigues, J.A.S., 2010. Ecofisiologia. Disponível: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/ecofisiologia.htm. Acesso: 5 mai. 2016.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014. Sistema Integrado de Legislação. Disponível: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/acton/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=304999056>. Acesso: 16 mar. 2016.
- Lepsch, I.F., Bellinazzi Jr., R., Bertolini, D., Espíndola, C.R., 1996. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. SBCS, Campinas.
- Massey Jr, F.J., 1980. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. *Journal of American Statistical Association* 46, 68-78.
- Mielke, P.W., 1976. Simple iterative procedures for two-parameter gamma distribution maximum likelihood estimates. *Journal of App. Meteorology* 15, 181-183.
- PARAÍBA, 1978. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. UFPB-Eleto Consult, João Pessoa.
- PARAÍBA, 2006. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília.
- Sawazaki, E., 1998. Sorgo forrageiro, in: Fahl, J.I.; Camargo, M.B.P. de; Pizzinatto, M.A.; Betti, J.A.; Melo, A.M.T. de; De Maria, I.C.; Furlani, A.M.C. (Eds.). *Boletim 200: Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas*, 6 ed. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, pp. 44-45.
- Sousa, R.F., Motta, J.D., Gonzaga, E.N., Fernandes, M.F., Santos, M.J., 2003. Aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura do sorgo (*Sorghum Bicolor* - L. Moench). *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 3, 1-16.
- Tabosa, J.N., Reis, O.V., Brito, A.R.M.B., Monteiro, M.C.D., Simplício, J.B., Oliveira, J.A.C., Silva, F.G., Neto, A.D.A., Dias, F.M., Lira, M.A., Filho, J.J.T., Nascimento, M.M.A., Lima, L.E., Carvalho, H.W.L., Oliveira, L.R., 2002. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 1, 47-58.
- Thom, H.C.S., 1958. A note on the gama distribution. *Monthly Weather Review* 86, 117-122.
- Varejão-Silva, M.A., Barros, A.H.C., 2002. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco, Recife.
- Varejão-Silva, M.A., 2001. Meteorologia e climatologia. INMET, Brasília.