

POTENCIAL PEDOCLIMÁTICO DO ESTADO DA PARAÍBA PARA A CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR (SACCHARUM SPP)

PEDOCLIMATIC POTENTIAL OF THE PARAÍBA STATE FOR CULTURE OF THE SUGAR CANE (SACCHARUM SPP)

Paulo Roberto Megna Francisco ¹, Djail Santos ¹, Eduardo Rodrigues Viana de Lima ¹

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil

Correspondência para: Paulo Roberto Megna Francisco (paulomegna@gmail.com)

doi: 10.12957/geouerj.2017.23167

Recebido em: 8 jun. 2016 | Aceito em: 23 nov. 2016



RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura agrícola da cana de açúcar. Na obtenção dos mapas de potencial pedoclimático, as informações do potencial dos solos foram cruzadas com as 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 de potencial pedoclimático: Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo. Com o uso de técnicas de geoprocessamento foi possível a espacialização das áreas e definir os ambientes favoráveis de potencial da cultura da cana de açúcar. Foram observadas diferenças significativas na extensão territorial das classes e subclasses de potencial pedoclimático do Estado da Paraíba que apresentou variações de ordem pedológica e climática em seu território, influenciando no potencial pedoclimático para a cultura da cana de açúcar. O potencial de cultivo da cana de açúcar está concentrado no Litoral do Estado e em pequena área na região do Brejo. O potencial pedoclimático Muito Alto não foi representado no mapeamento devido as restrições pedológicas e climáticas. A exigência hídrica e pedológica para a cultura da cana de açúcar restringiu as áreas de plantio no Estado. Não foi possível mapear áreas menores, devido à escala de trabalho, havendo a possibilidade do cultivo da cultura da cana de açúcar em pequenas áreas que não foram identificadas neste trabalho.

Palavras-chave: Geotecnologias; Planejamento de uso da terra; Potencial pedológico; Probabilidade; Aptidão climática.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential of the soil and climate of Paraíba State for agricultural crop of sugar cane. In obtaining the potential maps pedoclimatic the soil potential of information were combined with the climate of aptitude considering three rainfall scenarios: wet years, dry years and regular years. The crossing of the information was performed through geoprocessing techniques using the SPRING software and obtaining maps of soil and climate potential. The result of the interpretations was classified into four pedoclimatic potential classes: Very High, High, Medium, Low and Very Low. Using geoprocessing techniques was possible the spatial areas and defining environments favorable potential of sugar cane culture. Significant differences were observed in the territorial extension of the classes and subclasses of potential soil and climate of the state of Paraíba that showed variations of pedological and climatic order in their territory, influencing the potential soil and climate for the cultivation of sugar cane. The sugar cane cultivation potential is concentrated in the coast state and in the small area in the Brejo region. The potential pedoclimatic Very High was not represented in the mapping due to soil and climatic constraints. The water and pedological requirement for the cultivation of sugar cane restricted planting areas in the state. Could not map smaller areas due to the scale of work, with the possibility of crop cultivation of sugar cane in small areas that were not identified in this work.

Keywords: Geotechnology; Use planning of land; Pedological potential; Probability; Climate aptitude.

INTRODUÇÃO

A cana de açúcar (*Saccharum sp*) originária da Ásia Meridional, geralmente, cultivada em países tropicais e subtropicais para produção do açúcar, álcool e aguardente (WALDHEIM, 2006). É cultivada entre as latitudes de 36°N e 31°S desde o nível do mar até 1.000 m de altitude. Essencialmente é considerada como uma planta tropical e tem o seu ciclo vegetativo longo, permanecendo no campo durante todas as estações do ano e, por isso, sua produtividade é bastante influenciada pelo clima (VAREJÃO-SILVA & BARROS, 2001). Atualmente, a cana de açúcar ocupa, no País, mais de 7 milhões de hectares, sendo o Brasil o maior produtor mundial, seguido pela Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2009).

De acordo com EMBRAPA (2012), em relação às exigências pedológicas da cultura, consideram-se mais favoráveis os solos profundos, com textura variando de média a argilosa, bem drenados, destacando-se os Latossolos e Argissolos em relevo plano à suave ondulado, podendo-se também alcançar produtividades satisfatórias em Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos, Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânicos quando drenados artificialmente. Em relação às exigências nutricionais, a planta se desenvolve bem em solos com pH na faixa de 5,5 a 6,0 e com saturação por bases acima de 60%. Duarte Jr. e Coelho (2008) indicam que o balanço entre nitrogênio e o potássio, associado aos teores de cálcio, ferro, cobre e zinco no solo, são os principais nutrientes limitantes da produtividade, independentemente do método de preparo do solo.

Conforme EMBRAPA (2012), com relação ao manejo do solo, o uso de práticas conservacionistas, tais como, rotação de culturas, realização das operações mecânicas obedecendo às curvas de nível do terreno, a manutenção do solo coberto por resíduos vegetais, especialmente nos estádios iniciais de crescimento da cultura, e o tráfego de máquinas em condições ideais de umidade, são fundamentais para manter os teores de matéria orgânica e a estrutura do solo, além de promoverem a ciclagem de nutrientes e evitarem a compactação do solo e sua degradação pelo processo erosivo (PORTELA et al., 2011; ROSSETO et al., 2008; VEZZANI et al., 2008; BEZERRA & CANTALICE, 2006; MAIA & RIBEIRO, 2004; RAMALHO FILHO & BEEK, 1995). Além disso, deve-se evitar o uso do fogo, em

função dos efeitos negativos dessa prática sobre a ciclagem de nutrientes e qualidade de atributos físicos e químicos do solo (ROSSETO et al., 2008; SILVA et al., 2007; CEDDIA et al., 1999).

EMBRAPA (2012) afirma que, os principais componentes climáticos que controlam o crescimento, a produção e a qualidade da cana de açúcar, são a disponibilidade hídrica adequada e bem distribuída, seguida de meses relativamente secos, indispensáveis à formação de sacarose, a radiação solar e a temperatura do solo e do ar. Se bem distribuída, um total de chuva entre 1.100 e 1.500mm é adequado para a cultura, principalmente nos meses de crescimento vegetativo, seguido por um período relativamente mais seco de amadurecimento. Dos elementos climáticos, a temperatura é um dos mais importantes para a produção da cana de açúcar. A planta, geralmente, é tolerante às altas temperaturas, produzindo em regiões com temperatura média de verão de 35°C.

Observa-se que 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). Entende-se que no processo de avaliação do potencial pedológico é necessário conhecer as exigências edáficas das culturas, bem como os fatores restritivos das terras (EMBRAPA, 2012). A aptidão pedológica refere-se às potencialidades e limitações intrínsecas dos solos para a produção das culturas de forma sustentável, inter-relacionando parâmetros e atributos (SILVA et al., 2013). Na avaliação do potencial de um determinado ambiente para produção de lavouras nas condições naturais (cultivo de sequeiro), basicamente são consideradas as exigências das culturas em relação ao solo (aptidão pedológica) e em relação ao clima (aptidão climática). Com isso, a partir do cruzamento dessas avaliações, chega-se a aptidão pedoclimática. Esta última, de fato, é que melhor representa o potencial efetivo do ambiente para a produção agrícola do ponto de vista social, econômico e ambiental (MARQUES et al., 2013).

O Estado da Paraíba, com área de 56.372 km², apresenta variações significativas em relação ao solo, geologia, clima, vegetação e recursos hídricos. De acordo com EMBRAPA (2013), esta variação ambiental produz espaços com diferentes potencialidades de exploração agrossilvopastoril e riscos de

degradação ambiental. No entanto, o conhecimento destas variações é de fundamental importância quando se pretende implantar estratégias de desenvolvimento rural em bases sustentáveis.

O trabalho baseado na caracterização de possibilidades e restrições físicas e climáticas, de acordo com EMBRAPA (2013), possibilita orientar a ocupação, o uso e o manejo ambiental de forma integrada, considerando o conjunto dos recursos naturais renováveis que coexistem nas diferentes paisagens do Estado, e com isso, contribuir para a organização espacial das atividades agropecuárias e florestais, e subsidiar políticas de conservação e recuperação dos sistemas naturais.

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). O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas, variando entre 22 a 30oC, uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m). A precipitação varia entre 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984).

O relevo apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006). As classes predominantes de solos área de estudo estão descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), e estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características (FRANCISCO, 2010).

Portanto, 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 da cana de açúcar, em nível de manejo desenvolvido e em três cenários pluviométricos.

MATERIAL E MÉTODOS

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.

Conforme a metodologia de PARAÍBA (1978), para a avaliação da cultura da cana de açúcar, foram eleitas categorias de terras que apresentem de maneira geral os grupos de terras que apresentam as aptidões:

- Categoria 1 (Aptidão Plena): 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 (Aptidão Plena): 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 (Aptidão Plena): 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: II1, III10, III21, III31, e III105.
- Categoria 2 (Aptidão Moderada): 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 (Aptidão Moderada): 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 (Aptidão Moderada): 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 (Aptidão Moderada): 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 (Aptidão Restrita): 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 (Inapta): 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.

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 & SILVA, 1994; 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. (2015).

A discriminação dos cenários pluviométricos, anos secos, regulares e chuvosos, seguiu a metodologia proposta por Varejão 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 o cálculo do balanço hídrico, foram utilizados os dados tabulados para capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD) de 100mm, onde o modelo utilizado foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1955). No cálculo do índice de umidade, foi utilizada a equação do balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite e Mather (1955), onde o Índice de umidade (Iu), de acordo com a expressão:

$$Iu = Ih - Ia \quad (1)$$

Em que: o índice hídrico (Ih) e índice de aridez (Ia) são calculados respectivamente por:

$$Ih = 100 \left(\frac{Exc}{ETP} \right) \quad (2)$$

$$Ia = 100 \left(\frac{Def}{ETP} \right) \quad (3)$$

Os critérios discriminantes utilizados neste trabalho, para identificar as potencialidades climáticas relacionadas ao cultivo da cana de açúcar, foram de acordo com a metodologia utilizada pela EMBRAPA (2012), onde o índice efetivo de umidade (Iu), foi utilizado como parâmetro e adaptado dos critérios utilizados por Camargo et al. (1977) e Varejão-Silva e Barros (2002) (Tabela 1).

Aptidão Climática	Índice de umidade (Iu)
Moderada por excesso hídrico – C3	$Iu \geq 40$
Plena com período chuvoso prolongado – C2	$10 < Iu \leq 40$
Plena sem restrição – C1	$0 < Iu \leq 10$
Moderada por deficiência hídrica – C4	$-10 < Iu \leq 0$
Inapta por deficiência hídrica acentuada – C5	$Iu \leq -10$

Tabela 1. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana de açúcar. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2012).

Na metodologia de trabalho, após a elaboração 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 Algébrica (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 4 classes e 25 subclasses do potencial pedoclimático (Tabela 2).

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.

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

Tabela 2. Classes e subclasses de potencial pedoclimático. 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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o mapa de potencial pedológico para a cultura da cana de açúcar (Figura 1), não se identificou terras com potencial Muito Alto. Isto ocorre devido às exigências pedológicas para o plantio da cana de açúcar, e pelos solos não apresentarem as características necessárias ao desenvolvimento da cultura.

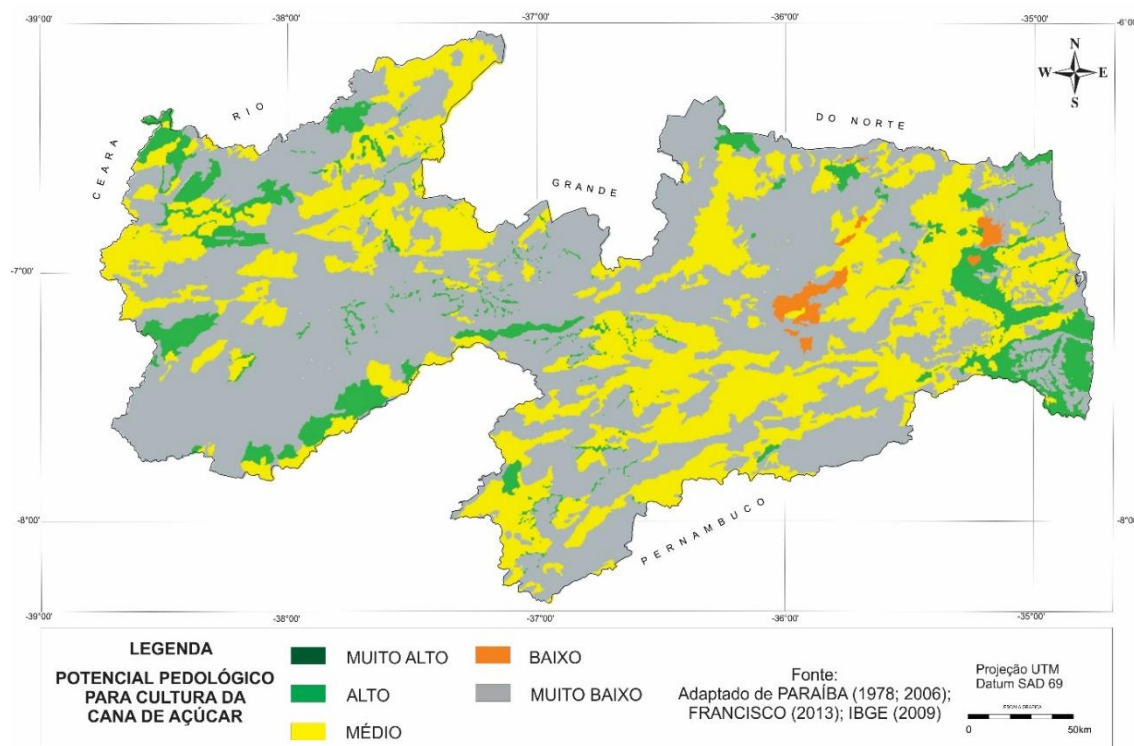


Figura 1 Potencial pedológico das terras do Estado da Paraíba para a cultura da cana de açúcar.

Resultado similar encontrado pela EMBRAPA (2012) no Estado de Alagoas, que afirma que, isto se deve à baixa fertilidade natural dos solos na zona úmida, que prejudica o crescimento da planta. Por outro lado, nos ambientes mais secos há problemas relacionados à pequena profundidade efetiva, pedregosidade, rochiosidade, salinidade, sodicidade, entre outros. De acordo com Jacomine et al. (1975), embora essa cultura encontre-se instalada em diversas classes de solos, desde os mais argilosos aos mais arenosos, de rasos a profundos, a cana de açúcar desenvolve-se melhor em solos profundos e de textura argilosa, com alta capacidade de retenção de água e boa fertilidade. É uma planta relativamente resistente a seca, mas que apresenta diminuição no seu crescimento muito antes do solo atingir 50% de água disponível.

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	10,04	19.448,72	34,50	523,04	0,93	30.736,00	54,52	56372	100,00

Tabela 3. Distribuição das classes do potencial pedológico da cultura da cana de açúcar.

Identificou-se 5.661,87 km² de terras com potencial Alto, representando 10,04% (Tabela 3) da área total do Estado, distribuídas nas regiões do Agreste Acatingado, Brejo, Mata e Litoral, Alto Sertão, Alto e Baixo Sertão do Piranhas e Cariris de Princesa. As características edáficas informam que estas terras constituem áreas com classes e/ou associações de classes de capacidade de uso representadas por solos aluvionais, apropriados para as culturas.

As áreas com potencial Médio, observada neste trabalho, perfazem um total de 19.448,72 km², representando 34,5% da área total, e estão distribuídas por todo o Estado. As características edáficas informam que estas terras constituem áreas com classes de capacidade de uso com limitações moderadas para utilização com a cultura, devido às características de fertilidade e/ou topografia; e/ou áreas com classes de capacidade de uso com limitações severas para utilização com a cultura, devido às características de drenagem imperfeita e associações de classes de terras inaptas para a cultura.

As áreas com potencial Baixo, observadas por este trabalho, perfazem um total de 523,04 km², representando 0,93% da área total do Estado, localizadas na região no Cariri, Agreste e Brejo. As características informam que estas terras constituem áreas com classes de capacidade de uso com fortes limitações para utilização com a cultura, devido a baixa fertilidade do solo e/ou drenagem excessiva.

Áreas com potencial Muito Baixo perfazem um total de 30.740,37 km² de terras, correspondendo a 54,53% da área total, distribuídas por todo o Estado. Estas áreas são 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 Agropecuário e Florestal das Terras. Souza et al. (2013) observaram que, estes ambientes com relevo forte ondulado e montanhoso, devem ser destinados para preservação ambiental.

No mapa de classe de aptidão climática Plena (C1) (Figura 2), observa-se que 1.277,84 km² representando 2,27% da área total do Estado (Tabela 4), ocorrem numa faixa entre o litoral norte e

sul, e passa a constituir a região do Estado com maior potencial à produção açucareira. De acordo com Francisco et al. (2016), estas áreas surgem como climaticamente propícias ao desenvolvimento da cultura.

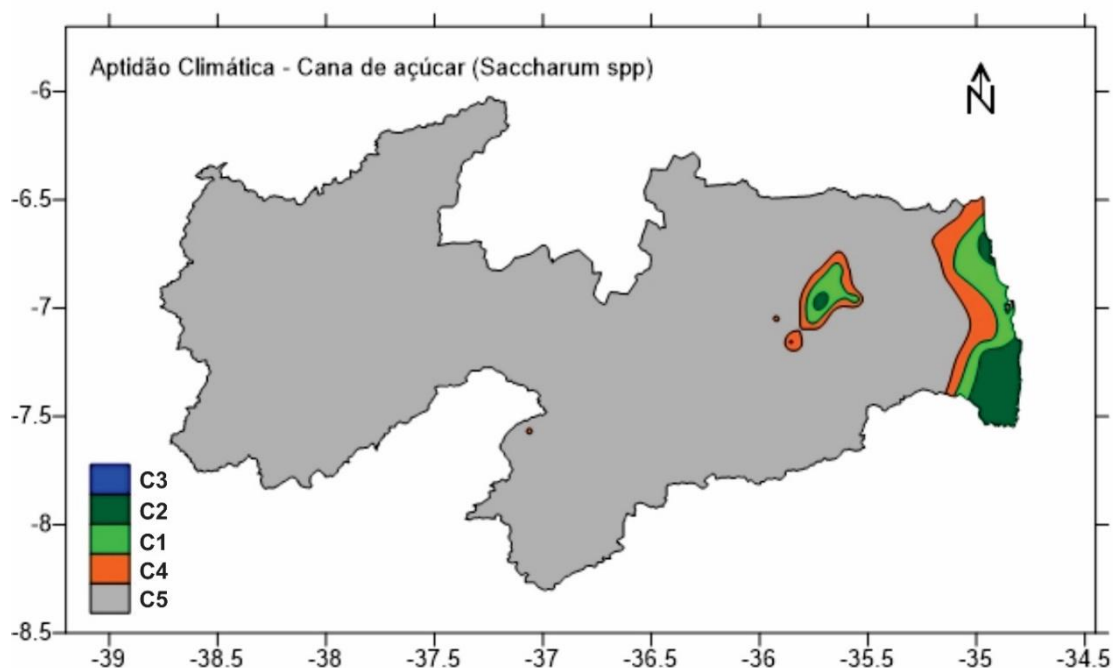


Figura 2. Aptidão climática para cultura da cana de açúcar.

Legenda	Aptidão climática	Cenário pluviométrico	
		km ²	%
C1	Plena	1.277,84	2,27
C2	Plena com período chuvoso prolongado	1.005,01	1,78
C3	Moderada por excesso hídrico	0,00	0,00
C4	Moderada por deficiência hídrica	1.439,52	2,55
C5	Inapta por deficiência hídrica acentuada	52.649,63	93,40

Tabela 4. Classes de aptidão climática para cultura da cana de açúcar.

Observa-se que, 1,78% da área do Estado, com 1.005,01 km² (Tabela 4), apresenta aptidão climática plena com período chuvoso prolongado (C2), localizadas no Litoral do Estado ao sul e na região do

Brejo. Conforme Jacomine et al. (1975), as microrregiões homogêneas abrangidas pela cultura da cana de açúcar, em termos de grande lavoura, são o Litoral Paraibano e Brejo Paraibano.

Para a classe de aptidão climática Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se que, com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, ocorrem na região do Agreste, em uma faixa estreita entre a classe Plena e a Inapta, com 1.439,52 km² representando 2,55% do total. Observa-se que para Estado da Paraíba não foram mapeadas áreas com aptidão climática da classe Moderada por excesso hídrico (C3).

A classe de aptidão climática Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 1.439,52 km², representando 2,55% do total, se apresenta em toda a região semiárida do Estado, ocorrendo também nas regiões do Agreste e parte do Litoral norte e sul. De acordo com EMBRAPA (2012), nessas circunstâncias é frequente a queda de produção, a restrição e morte de plantios em fase de renovação.

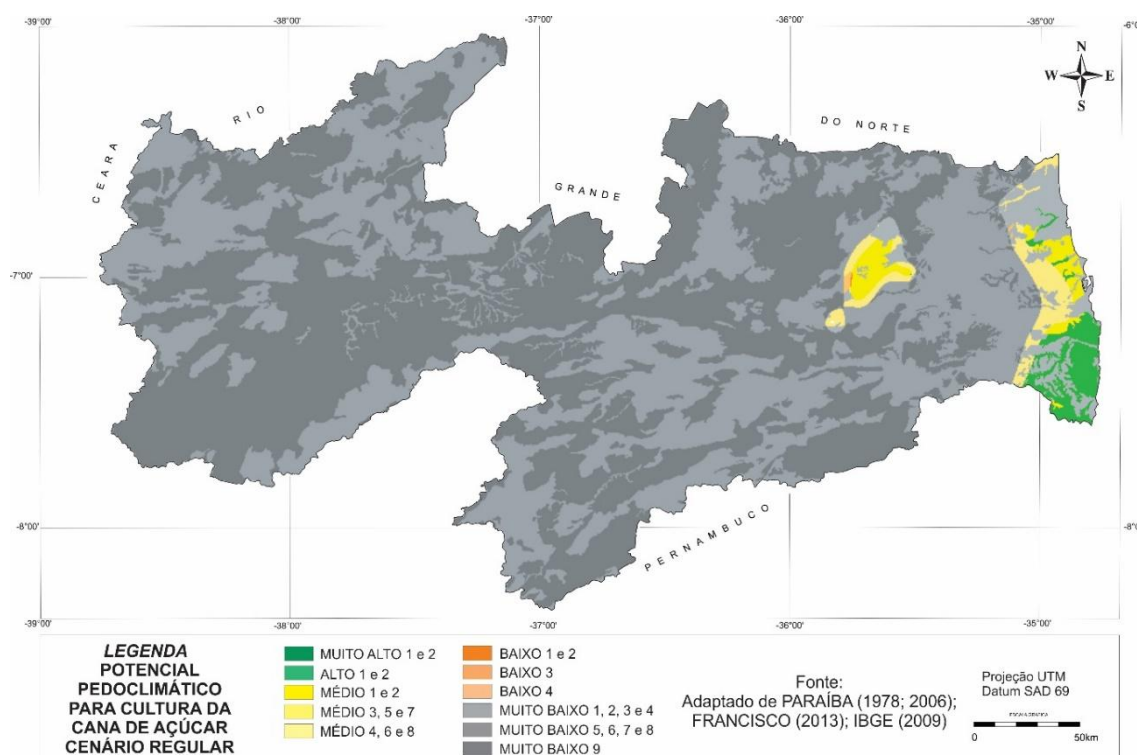


Figura 3. Potencial pedoclimático para cultura da cana de açúcar.

De acordo com EMBRAPA (2013), a cultura da cana de açúcar tem um ciclo de produção de vários anos, e por isso, na avaliação de seu potencial pedoclimático considera-se como referência somente o cenário pluviométrico de anos regulares. No mapa de potencial pedoclimático da cultura da cana de açúcar (Figura 3), observa-se que o potencial Muito Alto não está representado no mapeamento, devido às restrições pedológicas e climáticas para o cultivo da cana de açúcar.

As áreas de potencial pedoclimático Alto, abrangem 745,48 km², representando 1,32% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses A3 e A4, predominando a subclasse A4. Estas classes, ocorrem principalmente, 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. Neste ambiente, mesmo em regime pluviométrico menor, ainda é possível obter índices de umidade adequados para o cultivo da cana de açúcar, pois estão localizados na região mais úmida do Estado. Os solos predominantes são os Argissolos, apresentando baixa fertilidade, relevo de plano a suave ondulado, e boas características físicas. Resultados similares encontrados por Silva et al. (2015), no Estado de Alagoas, também em solos de tabuleiros costeiros. De acordo com Souza et al. (2013a), no conjunto, as características destes solos, conferem às unidades de mapeamento, boas condições físicas de aeração, retenção de água e profundidade efetiva, além de alto potencial produtivo.

Silva et al. (2015), realizando o zoneamento do potencial pedoclimático do Estado de Alagoas, em áreas similares a este estudo, observou que, a aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas, no manejo e conservação das terras com uso intensivo de técnicas relacionadas com a correção da acidez, da fertilização e da conservação do solo e da água, e da cultura, a possibilidade de mecanização e a condição climática plena, potencializam a produção e a produtividade dessas áreas.

De acordo com PARAIBA (1978), analisando a cultura da cana de açúcar, observou que, a lavoura está praticamente concentrada nas regiões do Litoral, Agreste e Brejo, que somavam 95% da área no Estado. Resultados similares encontrado neste trabalho.

Os ambientes de potencial Médio abrangem 1.425,96 km², representando 2,53% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses M1, M2, M6 e M8, com predomínio das subclasses M1 e M8. Estas classes ocorrem principalmente na região central do Litoral do Estado, e na região do Brejo, próximo ao município de Areia, região tradicional no plantio da cana de açúcar, notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Médio, e aptidão climática Plena e Moderada por deficiência. Nessas áreas, os fatores mais restritivos estão relacionados com a predominância do relevo ondulado e o risco a erosão. Resultados similares encontrados por Silva et al. (2015), devido à localização na região semiárida.

Classe	Subclasse	Cenário regular		
		km ²	%	Total
Muito Alto	MA1	-	-	
	MA2	-	-	0,00
Alto	A3	165,88	0,29	
	A4	579,60	1,03	745,48
Média	M1	567,48	1,01	
	M2	48,96	0,09	
	M3	-	-	
	M4	-	-	
	M5	-	-	
	M6	237,78	0,42	
	M7	-	-	
	M8	571,74	1,01	1.425,96
Baixo	B1	3,06	0,01	
	B2	-	-	
	B3	-	-	
	B4	30,16	0,05	33,22
Muito Baixo	MB1	540,72	0,96	

	MB2	374,49	0,66	
	MB3	-	-	
	MB4	599,67	1,06	
	MB5	-	-	
	MB6	4.674,85	8,29	
	MB7	18.252,32	32,38	
	MB8	489,51	0,87	
	MB9	29.235,78	51,86	54.167,34
Total		56.372,00	100,00	56.372,00

Tabela 5. Classes de aptidão pedoclimática para cultura da cana de açúcar.

As áreas de potencial Baixo, contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 33,22 km², representando 0,06% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses B1 e B4, predominando a subclasse B4. Esta classe ocorre em pequena área no município de Remígio, por apresentar aptidão climática Moderada por deficiência hídrica, e estar localizado em Neossolos Regolíticos distróficos com potencial pedológico Baixo para a cultura.

Souza et al. (2013), elaborando o potencial pedológico para a cana de açúcar do município de Buenos Aires, no Estado de Pernambuco, observou que em geral, os principais fatores restritivos dos solos estão relacionados com a pouca profundidade efetiva (Neossolos Litólicos e Planossolos), relevo ondulado a forte ondulado e montanhoso (Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos), todos apresentando alta suscetibilidade à erosão, apresentando, dessa forma, potencial inapto para o cultivo de cana de açúcar no manejo com alta tecnologia.

As áreas de potencial Muito Baixo, contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 54.167,34 km², representando 93,08% da área total do Estado (Tabela 5), com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB4, MB6, MB7, MB8 e MB9, predominando a subclasse MB9. Estas classes, ocorrem em quase todo Estado, por apresentarem aptidão climática Inapta.

De acordo com Silva et al. (2015), de modo geral, os principais fatores restritivos dos solos, para o cultivo de cana de açúcar, estão relacionados com a pequena profundidade efetiva, relevo ondulado a forte ondulado e montanhoso, riscos de erosão, impossibilidade de mecanização, textura arenosa, drenagem excessiva e baixa retenção de água, pedregosidade, rochosidade, dificuldade de mecanização e, em áreas de baixada a drenagem deficiente, e riscos de salinização, este último, especialmente, na região semiárida.

A classe pedoclimática Muita Alta não foi representada neste trabalho, devido as condições de solos não favoráveis a cultura, como a profundidade efetiva, presença de pedregosidade, textura e principalmente a falta de condições pluviométricas, conforme as exigências da cultura, isso devido estas áreas estarem localizadas na região semiárida.

De acordo com PARAIBA (1978), a cana de açúcar ocupava 4,5% da área total do Estado, e tinha uma distribuição superior às áreas pedoclimáticas apta, e neste trabalho constatou-se que as áreas de classes Alta, Média e Baixa, totalizam 3,96%, corroborando com os resultados encontrados anteriormente.

Observa-se que, existe teoricamente uma margem para ampliação das áreas a serem cultivadas, mas quando se considera a mecanização para se conseguir a rentabilidade produtiva e econômica, reduzirão as áreas aproveitáveis, devido às restrições dos solos, resultados similares também observados por PARAÍBA (1978).

CONCLUSÕES

Com o uso de técnicas de geoprocessamento, foi possível a espacialização das áreas, e definir os ambientes favoráveis de potencial da cultura da cana de açúcar.

São observadas diferenças significativas na extensão territorial das classes e subclasses de potencial pedoclimático do Estado da Paraíba, que apresenta variações de ordem pedológica e climática em seu território, influenciando no potencial pedoclimático para a cultura da cana de açúcar.

O potencial de cultivo da cana de açúcar está concentrado no Litoral do Estado e em pequena área na região do Brejo.

O potencial pedoclimático Muito Alto não foi representado no mapeamento, devido as restrições pedológicas e climáticas.

A exigência hídrica e pedológica para a cultura da cana de açúcar restringe as áreas de plantio no Estado.

Não foi possível mapear áreas menores, devido à escala de trabalho, havendo a possibilidade do cultivo da cultura da cana de açúcar em pequenas áreas que não foram identificadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. DE; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: UFPel, 1996. 161p.
- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.565-573, 2006.
- CAMARGO, A. P. et al. Zoneamento de aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: BASES PARA A UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA**, 4, Anais...Coord. MG. Ferri, Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, São Paulo, EDUSP, 1977, p. 89-105.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, p.154-157.
- 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, n.1, p.140-147, 2006.
- CEDDIA, M. B. et al. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1467-1473, 1999.

DUARTE JR., J. B.; COELHO, F. C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.576-583, 2008.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Potencial Pedológico 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. 123p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77202/1/Relatorio-Pot-Pedologico.pdf>. Acesso em: 15 novembro 2014.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas – ZAAL. ViZon. Embrapa Solos, UEP Recife, 2013. CDROM.

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.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.28, n.1, p.30-35, 2013.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.29, n.1, p.45-51, 2014.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 março 2011.

JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; BURGOS, N. Aptidão Agrícola dos Solos da Região Nordeste. EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Região Nordeste**. Recife, 1975. (BRASIL. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Boletim Técnico, 42).

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4.a Aprox. SBCS, Campinas-SP, 1996, 175p.

MAIA, J. L. T.; RIBEIRO, M. R. Propriedades de um Argissolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob o cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.79-87, 2004.

MASSEY JR, F. J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. **Journal of American Statistical Association**, v.46, p.68-78, 1980.

MIELKE, P. W. Simple iterative procedures for two-parameter gamma distribution maximum likelihood estimates. **Journal of App. Meteorology**, v.15, n.12, p.181-183, 1976.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda., 1978. 448p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.

PORTELA, J. C. et al. Hidrogramas e sedimentogramas associados à erosão hídrica em solo cultivado com diferentes sequências culturais, com diferentes condições físicas na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.225-240, 2011.

- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3 ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1995, 65p.
- ROSSETO, R. et al. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, v.124, n.6, p.13, 2008.
- SILVA, A. B. DA et al. Potencial pedológico do Estado de Alagoas para o cultivo de cana-de-açúcar em manejo com alta tecnologia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 34, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2013.
- SILVA, A. J. N. et al. Impact of sugarcane cultivation on soil carbon fractions, consistence limits and aggregate stability of a Yellow Latosol in Northeast Brazil. **Soil Tillage Research**, v.94, p.420-424, 2007.
- SILVA, R. M. DA et al. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. **Sociedade & Natureza**, v.2, p.357-372, 2010.
- SPRING. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M; FREITAS, U. M; GARRIDO, J. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996. Disponível em: <http://www.spring.org.br/languages/portuguese/index.html>. Acesso em: 15 março 2016.
- SOUZA, A. R. et al. Potencial pedológico para o cultivo de cana-de-açúcar com manejo de alta tecnologia no município de Buenos Aires (PE). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO**, 34, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2013.
- SOUZA, A. R. et al. Potencial pedológico para o cultivo de cana-de-açúcar e milho no município de Buenos Aires, Pernambuco, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v.10, p.261-270, 2013a.
- 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.
- UNICA. Dados e cotações: estatísticas. Disponível em: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>. Acesso em: 13 abril 2009.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, DF: INMET, 515p. 2001.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. et al. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande, 1984.
- VAREJÃO-SILVA, M. A; BARROS, A. H. C. **Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos**. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco, Recife, PE, 2002, 51p.
- 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.
- VEZZANI, F. M. et al, J. Matéria orgânica e qualidade de solo. In: **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. SANTOS, G. A. et al (Eds.). 2 ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.483-493.
- WALDHEIM, P. V. et al. Zoneamento Climático da Cana-de-Açúcar, da Laranja e do Algodão Herbáceo para a Região Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.29, p.30-43, 2006.