



***ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DO ESTADO DE ALAGOAS***

***Aptidão climática do estado de Alagoas para  
culturas agrícolas***

*Alexandre Hugo Cezar Barros  
Mário Adelmo Varejão-Silva  
José Nildo Tabosa*

Relatório Técnico

Recife, PE  
Dezembro, 2012



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*

*Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário do Estado de  
Alagoas  
Governo do Estado de Alagoas*

***ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DO ESTADO DE ALAGOAS***

***Aptidão climática do estado de Alagoas para  
culturas agrícolas***

*Alexandre Hugo Cezar Barros  
Mário Adelmo Varejão-Silva  
José Nildo Tabosa*

*Relatório Técnico*

*Convênios SEAGRI-AL / Embrapa Solos  
N<sup>os</sup> 10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5*

*Embrapa Solos  
Recife, PE  
2012*

***Embrapa Solos***

*Chefe Geral*

***Maria de Lourdes Mendonça Santos Breffin***

*Chefe Adjunto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação*

***Daniel Vidal Perez***

*Chefe Adjunto de Administração*

***Maria Aparecida Sanches Guedes***

*Chefe Adjunto de Transferência de Tecnologia*

***Denise Werneck de Paiva***

*Coordenador Técnico da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife*

***José Carlos Pereira dos Santos***

*Governador do Estado de Alagoas*

***Teotônio Vilela Filho***

*Secretário de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário do Estado de Alagoas*

***Jorge Silva Dantas***

*Secretário Adjunto de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário do Estado de Alagoas*

***José Marinho Júnior***

## **EQUIPE TÉCNICA**

### ***Aptidão climática das culturas***

*Alexandre Hugo Cezar Barros (Pesquisador, Embrapa Solos, Agrometeorologia)*

*Mário Adelmo Varejão-Silva (Consultor, Meteorologia)*

*José Nildo Tabosa (Pesquisador, IPA, Fitotecnia)*

### ***Geoprocessamento***

*Davi Ferreira da Silva*

*Hilton Luís Ferraz da Silveira*

*João Cordeiro da Fonseca*

### ***Colaboradores***

*Alexandre Ferreira do Nascimento (Embrapa Solos – UEP Recife)*

*Antônio Ferreira (SEAGRI-AL)*

*Antônio Fidelis (SEAGRI-AL)*

*Cícero Fernandes de Brito (SEAGRI-AL)*

*José Brito Neto (SEAGRI-AL)*

*Fabiana Canaúba Medeiros (Meteorologista, SEMARH-AL)*

*Fernando Gomes da Silva (SEAGRI-AL)*

*Fernando Antônio Uchôa Lamenha (SEAGRI-AL)*

*Francisco Mércles de Brito Ferreira (SEAGRI-AL)*

*Hibernon Cavalcante (SEAGRI-AL)*

*José Teodorico de Araújo Filho (UFAL/SEAGRI-AL)*

*Manoel Cícero da Silva (in memoriam) (SEAGRI-AL)*

*Manoel Henrique Bonfim Cavalcante (SEAGRI-AL)*

*Murilo Lins Marinho (FAEAL)*

*Rômulo de Araújo Abreu (Meteorologista, SEMARH-AL)*

### ***Estagiários e Bolsistas***

*Arnaldo Augusto de Oliveira Menezes (UFRPE)*

*Arthur Hugo Ribeiro Correa de Araújo (UFPE)*

*Camila Lucena Mota (UFPE)*

*Eduardo Henrique Barros Lopes (UFRPE)*

*Eduardo Silva Zenaide (UFPE)*

*Fábio Fernandes da Silva (UFPE)*

*Gabriela Ayane Chagas Felipe Santiago (UFPE)*

*Felipe José Tabosa de Souza Correia (UFPE)*

*Gustavo de Oliveira Pimenta (UFRPE)*

*Igor Ferreira dos Santos (UFRPE)*

*Laércio Santos da Silva (UFRPE)*

*Levy Barros Cardoso (UFRPE)*

*Maria Aparecida da Silva (UFRPE)*

*Nildson Rodrigues de França e Silva (UFRPE)*

*Rafael Rodrigues da Silva (UFRPE)*

*Verônica Wilma Bezerra Azevedo (UFPE)*

*Wiliane de Paiva Costa (UFRPE)*

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	1
LISTA DE FIGURAS .....	2
RESUMO.....	4
1. Introdução .....	6
2. Metodologia.....	11
2.1 Dados utilizados .....	11
2.1.2 Médias mensais e anuais da temperatura do ar.....	11
2.1.3 Totais mensais de precipitação .....	12
2.1.4 Discriminação dos cenários pluviométricos .....	13
2.1.5 Critérios de aptidão climática.....	18
3. Resultados .....	23
3.1 Cultura do Algodão Herbáceo ( <i>Gossypium hirsutum</i> ).....	23
3.2 Cultura da Cana-de-açúcar ( <i>Saccharium officinarum</i> L.).....	29
3.3 Cultura do Feijão Caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> ).....	35
3.4 Cultura do Feijão Comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).....	41
3.5 Cultura da Mamona ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	47
3.6 Cultura da mandioca ( <i>Manihot utilissima</i> ) .....	54
3.7 Cultura do Milho ( <i>Zea mays</i> L.).....	60
3.8 Cultura do Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> ).....	67
4. Referências .....	73
ANEXOS.....	77
Anexo 1 - Relação dos postos termo-pluviométricos utilizados nos estudos de aptidão climática de culturas agrícolas para o Estado de Alagoas.....	78
Anexo 2 - Mapas de aptidão climática de culturas agrícolas para Estado de Alagoas na escala de 1:300.000 .....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Frequência de ocorrência de anos secos, regulares e chuvosos para alguns municípios do Estado de Alagoas.....	17
<b>Tabela 2.</b> Legenda utilizada nos mapas para caracterizar a aptidão climática das culturas.	21
<b>Tabela 3.</b> Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	26
<b>Tabela 4.</b> Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana-de-açúcar. ....	30
<b>Tabela 5.</b> Quantitativo de classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular. ....	32
<b>Tabela 6.</b> Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi, nos três cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	38
<b>Tabela 7.</b> Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	44
<b>Tabela 8.</b> Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mamona.....	49
<b>Tabela 9.</b> Quantitativo de classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico regular. ....	51
<b>Tabela 10.</b> Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mandioca..	56
<b>Tabela 11.</b> Quantitativo de classes de aptidão climática, no estado de Alagoas, para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular. ....	56
<b>Tabela 12.</b> Quantitativo das classes de aptidão climática, no Estado de Alagoas, para cultura do milho nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso. ....	64
<b>Tabela 13.</b> Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso. ....	69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sistemas meteorológicos que provocam chuvas na região Nordeste. Detalhe em verde representa a delimitação do Estado de Alagoas. Fonte: Adaptado de Nobre (1986); Molion e Bernardo (2002).....	7
<b>Figura 2.</b> Distribuição dos postos termo-pluviométricos no Estado de Alagoas.....	13
<b>Figura 3.</b> Posição relativa da média, da moda e da mediana numa distribuição simétrica (esquerda) e não simétrica (direita). Fonte: Varejão-Silva e Barros (2002).....	14
<b>Figura 4.</b> Aplicação, aos dados do posto pluviométrico de Quebrangulo (AL), dos critérios para caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos. Adaptado de Varejão-Silva e Barros (2002).....	16
<b>Figura 5.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico seco.....	27
<b>Figura 6.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico regular.....	27
<b>Figura 7.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico chuvoso. ....	28
<b>Figura 8.</b> Zoneamento de aptidão climática do estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico seco. ....	33
<b>Figura 9.</b> Zoneamento de aptidão climática, do estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular. ....	33
<b>Figura 10.</b> Zoneamento de aptidão climática, do estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico chuvoso.....	34
<b>Figura 11.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico seco.....	39
<b>Figura 12.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico regular.....	39
<b>Figura 13.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico chuvoso.....	40
<b>Figura 14.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico seco. ....	45

<b>Figura 15.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico regular. ....	45
<b>Figura 16.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico chuvoso. ....	46
<b>Figura 17.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico seco. ....	52
<b>Figura 18.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico regular. ....	52
<b>Figura 19.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico chuvoso. ....	53
<b>Figura 20.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico seco. ....	58
<b>Figura 21.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular. ....	58
<b>Figura 22.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico chuvoso. ....	59
<b>Figura 23.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico seco. ....	65
<b>Figura 24.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico regular. ....	65
<b>Figura 25.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico chuvoso. ....	66
<b>Figura 26.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico seco. ....	71
<b>Figura 27.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico regular. ....	72
<b>Figura 28.</b> Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico chuvoso. ....	72

# **APTIDÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DE ALAGOAS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS**

## **RESUMO**

O presente relatório apresenta a aptidão climática do estado de Alagoas para oito culturas de interesse agrícola: algodão herbáceo, cana-de-açúcar, feijão phaseolus, feijão vigna, mamona, mandioca, milho e sorgo.

Constitui o resultado de um estudo desenvolvido pela Embrapa Solos – UEP Recife, em parceria com o Governo do Estado de Alagoas, por meio de sua Secretaria de Estado da Agricultura, com o objetivo de gerar informações úteis ao planejamento e aperfeiçoamento do uso da terra e água no Estado.

O presente estudo foi desenvolvido sob uma abordagem diferente dos zoneamentos climáticos tradicionalmente realizados, os quais se baseiam nas médias históricas dos totais mensais de chuva. Nesta nova abordagem, três cenários pluviométricos foram considerados: anos secos, regulares e chuvosos, fundamentando-se em séries históricas de dados de chuva, as quais representam a variabilidade natural do regime pluviométrico. A idéia é que uma das opções de cenários climáticos disponibilizados seja adotada pelo usuário em função dos prognósticos publicados antecipadamente pelos núcleos de meteorologia, obtidos por meio de análises dos modelos numéricos regionais e globais atualmente em uso. De fato, indica-se as áreas climaticamente mais apropriadas para o cultivo de cada espécie de interesse agrícola, de acordo com a tendência pluviométrica esperada.

Esta nova abordagem climatológica é especialmente importante nos ambientes semiáridos do nordeste do Brasil onde são grandes as variações anuais de precipitações pluviométricas.

Observou-se que nos anos considerados secos a deficiência hídrica restringe o cultivo de praticamente todas as culturas no semiárido do estado. Neste cenário de menor precipitação pluvial, o sorgo, o algodão, a mamona e o feijão caupi sofrem menor restrição para seu cultivo por serem

mais mais tolerantes às condições de deficiência hídrica. Em anos com chuvas regulares cerca de 40% da área do Estado não apresenta restrições climáticas para as culturas avaliadas, a exceção apenas do milho e do feijão phaseolus. Os anos chuvosos apresentam as melhores condições climáticas para os cultivos, no entanto, parte da região da Zona da Mata e do Litoral do Estado pode apresentar moderado excesso hídrico, podendo prejudicar a colheita e secagem de grãos, principalmente nas áreas limítrofes com o Estado de Pernambuco.

Termos de indexação: climatologia, aptidão agrícola, Alagoas.

## 1. Introdução

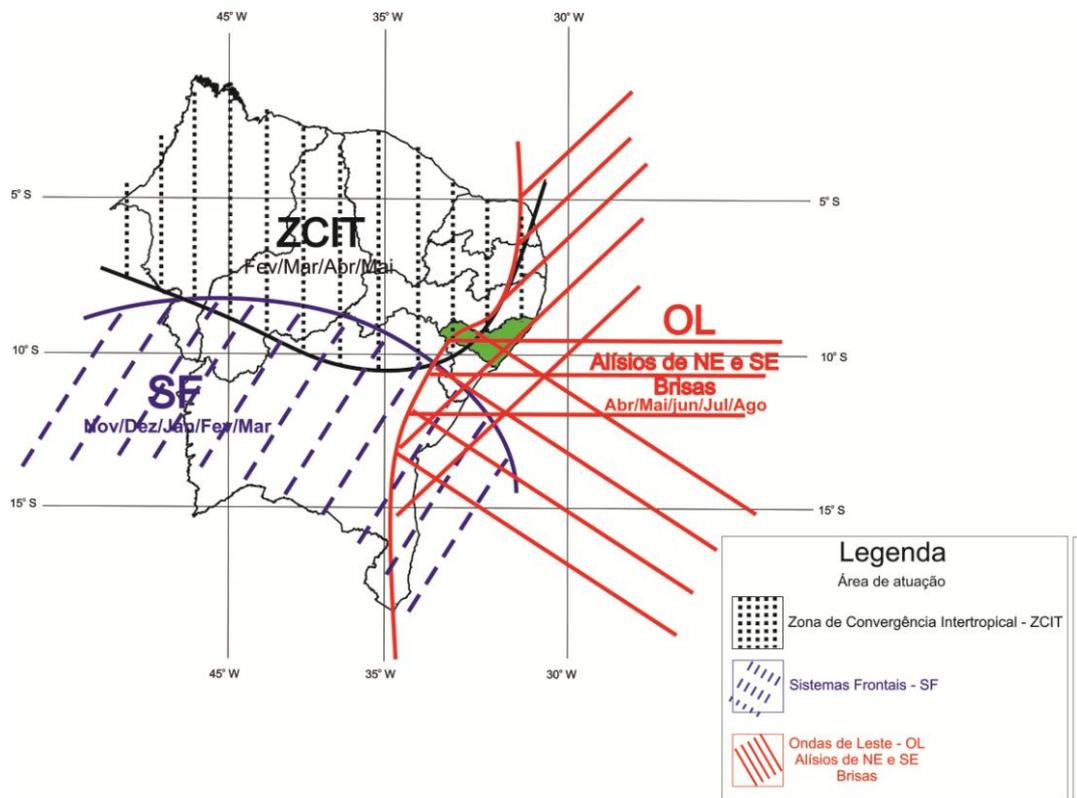
A região Nordeste do Brasil apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófita em cerca de 50% do seu território, com irregularidades espaciais e temporais no regime de chuvas, principalmente nas Mesorregiões do Agreste e do Sertão. Os estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e circulação geral da atmosfera são os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos (Climanálise, 1986).

A pluviometria da região Nordeste do Brasil pode ser identificada, conforme seu período chuvoso, em regime do norte, com chuvas máximas no período fevereiro-março-abril; regime do sul, com chuvas máximas no período novembro-dezembro-janeiro; e grande parte da região Agreste e Litoral, com chuvas máximas no período maio-junho-julho (Santos et al., 2009).

O Estado de Alagoas, em função de seu posicionamento na região Nordeste, entre os meridianos 35° 09' W e 38° 13' W e os paralelos 8° 48' S e 10° 29' S, tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação pluviométrica e a pouca variação sazonal na radiação solar, no fotoperíodo e na temperatura do ar. A proximidade da linha do Equador é um fator que condiciona um número elevado de horas de sol por ano e índices acentuados de evapotranspiração, em função da incidência perpendicular dos raios solares na superfície do solo. Por isso, o total médio de evapotranspiração potencial estimado do Litoral ao Sertão varia entre 1.000 mm ano<sup>-1</sup> e 1.600 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

O regime de chuvas do Estado está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos, dentre os quais destacam-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); os Sistemas Frontais (SF), alimentados pela umidade do Atlântico Sul, que definem a Zona de Convergência do Atlântico Sul

(ZCAS); as ondas de Leste, que são agrupamentos de nuvens que se movem no Atlântico, de leste para oeste; e dos Ventos Alísios de Nordeste e Sudeste (Figura 1) (Barbosa, 2006).. Além disso, Alagoas está submetido também à influência de sistemas meteorológicos que organizam a convecção em escala sinótica, os quais interagem entre si, tais como os vórtices ciclônicos de altos níveis que provocam precipitação durante a primavera, verão e outono (setembro a abril), com ocorrência máxima no mês de janeiro (Kousky e Gan, 1981) e a oscilação 30-60 dias ou oscilação de Madden-Julian (Kousky e Kayano, 1994).



**Figura 1.** Sistemas meteorológicos que provocam chuvas na região Nordeste. Detalhe em verde representa a delimitação do Estado de Alagoas. Fonte: Adaptado de Nobre (1986); Molion e Bernardo (2002)

Na mesoescala tem-se os complexos convectivos e as brisas marítimas e terrestres que influenciam todas as sub-regiões, além das circulações orográficas e pequenas células convectivas que constituem os

fenômenos de microescala (Molion e Bernardo, 2002). As regiões costeiras sofrem muita influência da circulação local das brisas marítimas e terrestres devido ao gradiente horizontal de pressão provocado pelo contraste de temperatura diária entre o continente e o oceano. Essa circulação tem importante influência para amenizar a alta temperatura do ar diária e distribuir umidade para o interior do continente, provocando chuvas esporádicas durante todo o período do ano.

Além disso, a posição geográfica dos tabuleiros costeiros do Estado facilita a penetração das brisas terrestres e marítimas que influenciam as chuvas na porção Leste, em uma faixa de até 200 km da linha da costa. As chuvas podem penetrar até a região do Agreste, nas encostas do Planalto da Borborema em transição com a Zona da Mata, condições que favorecem as precipitações pluviais, em diferentes intensidades, durante todo o ano nesta região. Entretanto, são mais observadas no outono/inverno, quando produzem chuvas fracas a moderadas. O Agreste, sendo uma região intermediária entre Mata e Sertão, apresenta características pluviométricas intermediárias entre estas zonas (Melo, 1980).

Em todo o Estado são pequenas as oscilações da temperatura média do ar, variando, no Litoral, entre 23°C e 28°C, e no Sertão, entre 17°C e 33°C. De acordo com Niner (1989), as condições térmicas da região Nordeste, de forma geral, são caracterizadas por uma variabilidade pouco significativa no decorrer do ano. Nas áreas de altitudes mais elevadas, em contato com as encostas do Planalto da Borborema e mais expostas aos ventos de Sudeste, as temperaturas médias do ar são mais amenas, em torno de 21°C a 23°C.

Destaca-se ainda que em grande parte do norte da Mesorregião Leste Alagoano (Zona da Mata e Litoral) predominam morros com altitudes que variam, em média, de 20 m a mais de 500 m, influenciando a média anual da umidade relativa do ar, com valores em torno de 70%.

De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do Estado possui clima do tipo As', ou seja, tropical e quente com chuvas de outono/inverno e precipitação pluviométrica entre 1.000 mm a 1.500 mm. Porém, parte do Leste Alagoano, próximo à divisa com o estado de Pernambuco, possui clima Ams', tropical com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.500 mm a 2.200 mm. Por outro lado, a metade ocidental do Estado, que corresponde ao Agreste e Sertão, apresenta condições semiáridas, com clima BSh, isto é, seco e quente, com precipitação pluviométrica no Sertão entre 400 mm a 600 mm e no Agreste de 600 mm a 900 mm (Embrapa, 1975).

De acordo com o IBGE (2010) as mesoregiões do Estado de Alagoas compreendem o Leste, o Agreste e o Sertão Alagoano. O Leste é a maior região em área territorial e abrange o Litoral e a Zona da Mata. O Agreste é uma região de transição entre a zona úmida e seca, tem início ao Norte no município de Quebrangulo, e ao Sul em São Brás, na porção mais úmida, e se estende até o limite dos municípios de Cacimbinhas e Traipu, na porção mais seca. O Sertão corresponde às superfícies com características climáticas áridas e semiáridas.

No Estado de Alagoas existem áreas com diferentes aspectos ambientais e climáticos. Assim, neste trabalho a região do Leste Alagoano foi subdividida em Litoral e Zona da Mata para efeito de apresentação dos resultados da aptidão climática das culturas.

Este zoneamento contempla, para algumas culturas de ciclo curto, três distintos cenários pluviométricos ("seco", "regular" e "chuvoso"). Uma dessas opções pode ser adotada pelo usuário, em função dos prognósticos publicados antecipadamente pelos núcleos estaduais e nacionais de meteorologia, obtidos por meio de análises dos modelos numéricos regionais e globais atualmente em uso.

Assim, Alagoas está condicionado por quatro espaços ambientais distintos, caracterizados pelas mesoregiões do Sertão, Agreste, Mata e o

Litoral Alagoano, este dois últimos denominado como Leste Alagoano, as quais abrangem todo o território Alagoano (IBGE, 2010). O Estado é dividido em 102 municípios, distribuídos por 13 microrregiões derivadas de três mesorregiões geográficas: a) Sertão Alagoano: região Serrana, Sertão do São Francisco, Santana do Ipanema e Batalha; b) Agreste Alagoano: Palmeira dos Índios, Arapiraca e Traipu; e c) Leste Alagoano: Serrana dos Quilombos, Mata Alagoana, Litoral Norte Alagoano, Maceió, São Miguel dos Campos e Penedo.

As análises foram feitas considerando toda superfície do Estado de Alagoas, abrangendo as três mesorregiões, Sertão, Agreste e Leste Alagoano, uma vez que o clima exerce influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola, incluindo o preparo do solo, a semeadura, o crescimento e desenvolvimento das culturas, a colheita, o armazenamento, o transporte e a comercialização.

Todos os processos relacionados à produção agrícola apresentam um determinado limite climático para que a produção seja econômica e sustentável. Ao analisar o ambiente, nos quais as culturas e os animais se desenvolvem, foram consideradas as inter-relações entre o clima, o solo e a vegetação, pois uma condição pode influenciar na outra.

Além disso, compreender o clima propicia entender aptidões para as mais diversas formas de uso e manejo da terra nas peculiaridades das regiões, as quais desempenham diferentes funções nas atividades socioeconômicas do Estado.

O objetivo do trabalho foi elaborar o zoneamento de aptidão climática para as culturas do Algodão Herbáceo, Cana-de-Açúcar, Feijão *Phaseolus*, Feijão *Vigna*, Mamona, Mandioca, Milho e Sorgo, considerando a variabilidade natural do regime pluviométrico, estabelecida em três cenários pluviométricos: anos secos, anos regulares e anos chuvosos.

## 2. Metodologia

### 2.1 Dados utilizados

Para o Estado de Alagoas foram utilizados dados de precipitação pluviométrica provenientes de postos pluviométricos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA); e médias mensais de temperatura do ar para alguns aeroportos e algumas estações meteorológicas.

#### 2.1.2 Médias mensais e anuais da temperatura do ar

A baixa concentração espacial de postos com registros de temperatura do ar no Estado do Alagoas limita o cálculo do balanço hídrico climatológico para algumas localidades. Para contornar o problema, foi necessário estimar as médias mensais de temperatura do ar naqueles locais onde apenas se dispunham de dados de chuva. A estimativa das médias mensais de temperatura do ar ( $T_m$ ) em cada mês ( $m = 1, 2, 3...12$ ) e ano ( $m = 13$ ) foi feita utilizando o modelo de regressão múltipla quadrática, tomando-se a latitude ( $\phi$ ), a longitude ( $\lambda$ ) e a altitude ( $\xi$ ) como variáveis independentes:

$$T_m = A_m + B_m \phi + C_m \lambda + D_m \xi + E_m \phi^2 + F_m \lambda^2 + G_m \xi^2 + H_m \lambda\phi + I_m \lambda\xi + J_m \phi\lambda \quad \text{Eq.1}$$

Os coeficientes  $A_m, B_m, \dots, J_m$ , da Eq. 1, foram determinados, para cada mês e ano, pelo método dos mínimos quadrados dos desvios, utilizando-se os valores médios mensais de temperatura disponíveis em Alagoas e nos estados vizinhos, considerando as normais climatológicas fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela SEMARH e pela Sudene.

Foram obtidas 13 equações de regressão. Na aplicação dessas equações, para a estimativa de  $T_m$ , os valores de altitude utilizados foram os da grade altimétrica da Diretoria de Serviços Geográficos (DSG) do Ministério do Exército, onde  $\phi$  (latitude) é cotada numa malha de 920 m x 920 m do terreno. O erro padrão da estimativa das temperaturas médias mensais do ar foi inferior a  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

### **2.1.3 Totais mensais de precipitação**

Os totais mensais de precipitação pluviométrica do Estado de Alagoas e dos estados vizinhos foram utilizados para análise de aptidão climática, dados esses oriundos da SEMARH, INMET, Sudene e do HidroWeb da ANA.

Para assegurar maior confiabilidade aos resultados suprimiram-se todos os valores considerados pela Sudene como “duvidosos” ou “estimados”, assim como aqueles indicados como “homogeneizados”, por se tratarem de valores interpolados e que, portanto, tendem a reduzir a variância das séries (introduzindo uma suavização). Da mesma forma, os dados “consistidos” e os “estimados” presentes nos registros do HidroWeb também foram eliminados do acervo.

Os dados pluviométricos de estados vizinhos foram incluídos para assegurar maior representatividade das interpolações nas áreas limítrofes do Estado. Consideraram-se apenas os postos com séries pluviométricas com 20 ou mais anos completos de registros (Figura 2).

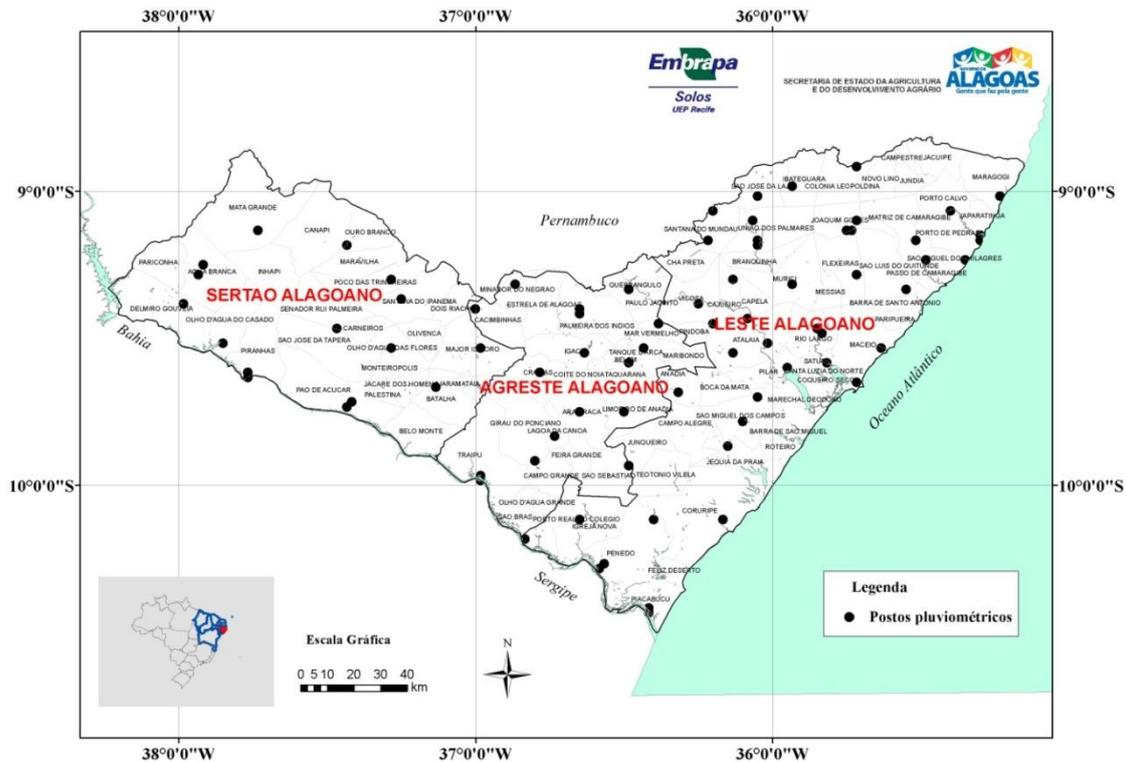


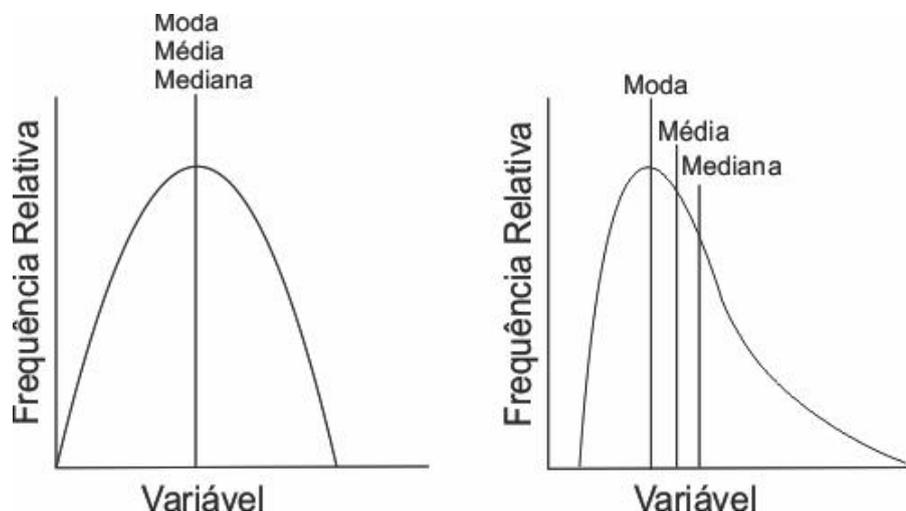
Figura 2. Distribuição dos postos termo-pluviométricos no Estado de Alagoas

#### 2.1.4 Discriminação dos cenários pluviométricos

A média aritmética constitui um bom estimador do valor mais frequente (moda) dos totais de chuva, apenas nos casos em que os elementos da amostra disponível se ajustam bem a um modelo simétrico de distribuição. Somente quando a distribuição é simétrica (modelo normal ou gaussiano) a média, a moda e a mediana da amostra coincidem (Figura 3). Nessa situação particular de simetria, a média representa o valor mais provável (moda) e divide a amostra (mediana) em duas partes iguais (Varejão-Silva e Barros, 2002).

Os totais pluviométricos se distribuem assimetricamente na região Nordeste do Brasil. Nesses casos a média pode se afastar muito da moda, e quando isso acontece, deixa de constituir um estimador confiável do valor mais provável de chuva esperada. Assim, a melhor representação é a gama incompleta, na qual a distribuição é assimétrica (Hargreeaves, 1973; Mosiño e Miranda, 1981). Detalhe da função de densidade de probabilidade

da distribuição gama incompleta pode ser encontrada em Varejão-Silva (2000).



**Figura 3.** Posição relativa da média, da moda e da mediana numa distribuição simétrica (esquerda) e não simétrica (direita). Fonte: Varejão-Silva e Barros (2002)

A discriminação dos cenários pluviométricos 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, seguindo a conceituação de Thom (1951), foi ajustada à série desses totais em cada posto, seguindo a metodologia indicada por Mielke (1976).

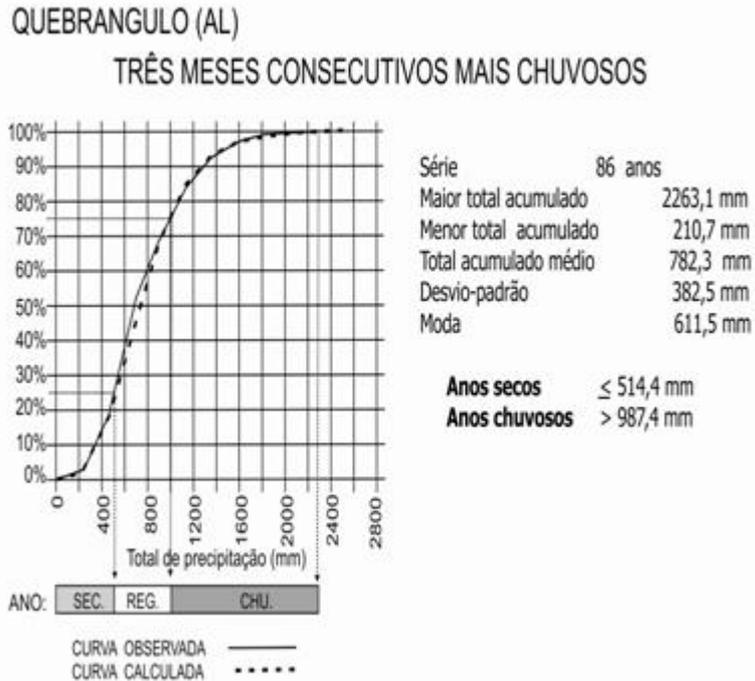
A qualidade do ajustamento da curva teórica aos valores observados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1980) ao nível de significância de 95%. A Figura 4 ilustra os critérios para caracterização dos cenários pluviométricos em anos secos, anos regulares e anos chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos, para o posto pluviométrico de Quebrangulo (86 anos hidrológicos completos).

Para o referido posto, a probabilidade de 25% corresponde a 514,4 mm (Figura 4); e, a de 75% corresponde a 987,4 mm. Assim, todos os

anos hidrológicos, em que a precipitação acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos tenha sido igual ou inferior 514,4 mm, foram considerados secos; aqueles com precipitação acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos superior a 987,4 mm foram considerados chuvosos. Os demais integraram o conjunto dos anos regulares.

Esses mesmos critérios foram aplicados em todas as séries pluviométricas (todos os postos com mais de 20 anos hidrológicos completos). 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% e 75% também são específicos de cada posto (Varejão-Silva, 2001).

Os conjuntos dos anos “secos”, anos “regulares” e anos “chuvosos” de cada posto foram utilizados para obter as correspondentes médias mensais dos totais pluviométricos, necessárias para caracterizar os respectivos cenários. Os balanços hídricos climatológicos foram, então, estimados, separadamente, para todos os cenários, utilizando o método proposto por Thornthwaite e Mather (1957).



**Figura 4.** Aplicação, aos dados do posto pluviométrico de Quebrangulo (AL), dos critérios para caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos. Adaptado de Varejão-Silva e Barros (2002)

Os critérios para discriminar os anos hidrológicos de cada posto pluviométrico foram enquadrados em uma das categorias indicadas (Varejão-Silva, 2000):

"anos secos" aqueles em que o total de precipitação, acumulado nos três meses consecutivos mais chuvosos, foi igual ou menor que o valor correspondente à probabilidade de 25%;

"anos chuvosos" aqueles cujo total de precipitação, acumulado nos três meses consecutivos mais chuvosos, é superior ao valor correspondente à probabilidade de 75%;

"anos regulares", todos aqueles anos não classificados nas duas categorias anteriores.

A frequência de ocorrência dos anos secos, regulares e chuvosos muda de local para local, uma vez que as regiões e os períodos relativos às

séries históricas de chuva são diferentes. Na Tabela 1 são apresentadas as porcentagens referentes à frequência de ocorrência de anos secos, regulares e chuvosos para alguns municípios representativos das mesorregiões do Estado de Alagoas. Em média, os anos secos correspondem de 25% a 35%, anos regulares de 42% a 60% e anos chuvosos de 20% a 33%.

**Tabela 1.** Frequência de ocorrência de anos secos, regulares e chuvosos para alguns municípios do Estado de Alagoas

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	Anos	Cenários pluviométricos		
			Seco	Regular	Chuvoso
			%		
Água Branca	Água Branca	71	26,8	47,9	25,4
Anadia	Anadia	71	29,6	42,3	28,2
Arapiraca	Arapiraca	20	35,0	45,0	20,0
Arapiraca	Craíbas	22	22,7	54,5	22,7
Atalaia	Atalaia	75	28,0	48,0	24,0
Boca da Mata	Varrela	Fz 21	23,8	52,4	23,8
Cacimbinhas	Cacimbinhas	28	25,0	53,6	21,4
Canapi	Capia Da Igrejinha	50	26,0	42,0	32,0
Capela	Capela	25	28,0	48,0	24,0
Capela	Sta. Efigênia	27	22,2	55,6	22,2
Colônia Leopoldina	Colônia Leopoldina	34	20,6	52,9	26,5
Coruripe	Colônia Pindorama	27	25,9	51,9	22,2
Coruripe	Coruripe	46	26,1	50,0	23,9
Piranhas	Piranhas	35	25,7	42,9	31,4
Delmiro Gouveia	Delmiro Gouveia	49	28,6	44,9	26,5
Flecheiras	Flecheiras	28	25,0	46,4	28,6
Igreja Nova	Igreja Nova	30	20,0	60,0	20,0
Junqueiro	Junqueiro	73	24,7	46,6	28,8
Lagoa da Canoa	Lagoa da Canoa	58	31,0	41,4	27,6
Limoeiro de Anadia	Limoeiro de Anadia	73	17,8	61,6	20,5
Maceió	Maceió	70	27,1	47,1	25,7
Maceió	Saúde	22	31,8	45,5	22,7
Major Isidoro	Major Isidoro	74	23,0	54,1	23,0
Mar Vermelho	Mar Vermelho	30	23,3	46,7	30,0
Maragogi	Maragogi	27	22,2	55,6	22,2
Mata Grande	Mata Grande	72	26,4	48,6	25,0
Matriz de Camaragibe	Matriz de Camaragibe	29	34,5	41,4	24,1
Murici	Murici	24	25,0	41,7	33,3
Olho d'Água das Flores	Olho d'Água das Flores	27	25,9	48,1	25,9
Olho d'Água do Casado	Olho d'Água do Casado	27	25,9	48,1	25,9
Palmeira dos Índios	Palmeira dos Índios	72	29,2	44,4	26,4
Palmeira dos Índios	Minador do Negrão	25	24,0	48,0	28,0
Pão de Açúcar	Pão de Açúcar	69	30,4	44,9	24,6
Pão de Açúcar	Pão de Açúcar	34	26,5	41,2	32,4
Passo do Camaragibe	Passo do Camaragibe	32	18,8	59,4	21,9

continua

Penedo	Penedo	56	26,8	48,2	25,0
Penedo	Penedo	37	24,3	51,4	24,3
Piaçabuçu	Piaçabuçu	41	26,8	53,7	19,5
Piaçabuçu	Piaçabuçu	40	17,5	60,0	22,5
Água Branca	Água Branca	71	26,8	47,9	25,4
Piranhas	Piranhas	77	31,2	41,6	27,3
Poço das Trincheiras	Poço das Trincheiras	66	27,3	40,9	31,8
Porto Calvo	Porto Calvo	44	27,3	43,2	29,5
Porto de Pedras	Tatuamunha	23	26,1	47,8	26,1
Porto Real do Colégio	Porto Real do Colégio	74	28,4	47,3	24,3
Quebrangulo	Quebrangulo	69	29,0	47,8	23,2
Rio Largo	Rio Largo	22	27,3	45,5	27,3
S. José da Lage	S. José da Lage	20	20,0	55,0	25,0
S. Luís do Quitunde	S. Luís do Quitunde	42	14,3	66,7	19,0
S. Miguel dos Campos	Cansanção do Sinimbu	20	35,0	35,0	30,0
S. Miguel dos Campos	S. Miguel dos Campos	61	26,2	45,9	27,9
Santana do Ipanema	Riacho Grande	28	17,9	57,1	25,0
Santana do Ipanema	Santana do Ipanema	74	23,0	59,5	17,6
Santana do Mundaú	Santana do Mundaú	30	30,0	50,0	20,0
Satuba	Satuba	26	23,1	50,0	26,9
Tanque d'Arca	Tanque d'Arca	26	26,9	42,3	30,8
Traipu	Traipu	71	29,6	46,5	23,9
União dos Palmares	União dos Palmares	71	29,6	39,4	31,0
Viçosa	Viçosa	74	25,7	50,0	24,3

### 2.1.5 Critérios de aptidão climática

Em estudos de aptidão climática de culturas a fenologia das plantas é indispensável, sobretudo na avaliação das interações solo-planta-clima. A caracterização dos eventos fenológicos permite identificar todo o desenvolvimento das plantas a fim de estabelecer relações com as condições do ambiente (Bergamaschi e Matzenauer, 2009).

As culturas agrícolas apresentam potencialidades fisiológicas de adaptação diferentes, as quais são expressões da adaptabilidade ao ambiente. Algumas plantas mostram elevada eficiência no uso do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e da água, sendo extremamente importante em ambientes com estresses múltiplos, como ocorre no Nordeste. O milho (*Zea mays* L.), por exemplo, é extremamente eficiente na fotossíntese e no uso da água; no entanto, tem crescimento determinado e floração grupada, o que o torna bastante vulnerável ao clima do Nordeste e, em geral, produz muito pouco.

O algodão possui atributos fisiológicos como crescimento indeterminado, gemas auxiliares nos pontos de frutificação, acúmulo de amido e outras substâncias de reserva nas raízes e caule, evidenciado melhor adaptação às condições naturais do Nordeste (Brown, 1994).

De fato, a disponibilidade energética e de água são os dois fatores físicos de ordem edafoclimático a determinar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e sua produtividade (Pereira et al., 2002). O estudo das relações entre esses fatores e os processos biofísicos que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera torna possível a caracterização das exigências climáticas das culturas agrícolas e a delimitação de áreas potenciais para seu pleno crescimento e desenvolvimento.

Em geral, a caracterização das exigências climáticas para as culturas é realizada a partir de índices que sintetizam os elementos climáticos, tais como a temperatura do ar, a insolação e a precipitação pluviométrica. Às vezes, torna-se mais prático utilizar as variáveis obtidas do balanço hídrico climatológico, notadamente os índices de aridez, hídrico e de umidade (Thornthwaite e Mather, 1957).

Neste trabalho foi utilizado o método de Thornthwaite para calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) de cada localidade, considerando-se a capacidade média de armazenamento de água no solo (CAD) de acordo com as exigências edafo-climáticas da cultura.

No caso das culturas de período vegetativo longo, foram usados os índices de umidade (Im), hídrico (Ih) e de aridez (Ia) provenientes dos balanços hídricos, os quais sintetizam as exigências da cultura quanto à disponibilidade de água. Além dos índices, foram utilizados nos critérios de zoneamento, um ou mais dos seguintes parâmetros anuais:

- EXC - estimativa do excedente hídrico anual/mensal (mm);
- DEF - estimativa da deficiência hídrica anual/mensal (mm).

Em culturas de ciclo curto foram empregados também elementos do evapopluviograma para cada localidade, de acordo com o cenário pluviométrico, que considera as exigências das plantas separadamente em cada mês do seu ciclo vegetativo, expressas em termos de um ou mais dos seguintes parâmetros mensais:

- Pm/EPT - 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.

Quando a altitude e a temperatura do ar constituíam fatores limitantes da produção, ou ao pleno desenvolvimento da cultura, estas variáveis foram utilizadas para análise da aptidão climática.

Na avaliação da classificação final da aptidão climática foram definidos cinco critérios para compor a legenda dos mapas (Tabela 2):

- a) aptidão plena - corresponde às áreas sem limitação climática;
- b) aptidão plena, mas com pequena probabilidade de ocorrer excesso hídrico, devido à ocorrência de um período chuvoso prolongado, durante a colheita e/ou a secagem de grãos;
- c) aptidão moderada por excesso hídrico (caracteriza-se por indicar áreas, onde ocorre excesso hídrico que prejudica a colheita e/ou a secagem de grãos);
- d) aptidão moderada por deficiência hídrica (áreas com pequena e/ou moderada deficiência hídrica, prejudicando o crescimento e desenvolvimento da cultura); e
- e) aptidão inapta (por apresentar elevada deficiência hídrica, inviabilizando o período vegetativo da cultura) - Tabela 2.

**Tabela 2.** Legenda utilizada nos mapas para caracterizar a aptidão climática das culturas

Legenda	Cor	Aptidão Climática
C1		Plena
C2		Plena com período chuvoso prolongado
C3		Moderada por excesso hídrico
C4		Moderada por deficiência hídrica
C5		Inapta

Devido à baixa distribuição espacial dos postos pluviométricos, a metodologia utilizada não permitiu avaliar a aptidão climática de pequenas áreas. Ressalta-se, também, que a aptidão está baseada em condições climáticas gerais de ocorrência de elementos climáticos e, por conseguinte, possui intrinsecamente certo grau de incerteza, associado à variabilidade climática interanual, bastante acentuada no Nordeste, especialmente a precipitação pluviométrica, e consequentemente do balanço hídrico climatológico (Silva et al., 2001).

Além disso, elabora-se o zoneamento em macroescala e não considera-se as variações de relevo, que podem provocar diferentes condições topoclimáticas de microescala, principalmente a configuração e a exposição do terreno a radiação solar, que induzem a diferentes gradientes de temperatura e consequentemente no desenvolvimento das culturas.

Há ainda, a incerteza na posição das isolinhas que é tanto maior quanto mais afastada estiver dos postos termo-pluviométricos e aumenta com a ampliação da escala gráfica da carta em que está representada. Assim, nos estudos de aptidão climática das culturas foram utilizadas as cartas de relevo e das fases de vegetação do Estado de Alagoas para

melhorar o traçado das isolinhas naquelas áreas em que os dados climáticos foram insuficientes.

Do exposto, o usuário deve interpretar a(s) área(s) de uma determinada classe de aptidão como sendo não estática(s) e sem limite(s) rígido(s). Não se pode esquecer que elas representam valores médios de um parâmetro obtido dentro de um cenário pluviométrico particular (seco, regular e chuvoso). Em cada cenário o parâmetro, e, ou elemento climático considerado, varia dentro de um certo intervalo. Cada faixa de aptidão climática deve ser considerada também como uma área de transição, onde as condições climáticas vão gradualmente mudando, quando se parte da porção central dessa mesma faixa no sentido à(s) faixa(s) vizinha(s).

Para contornar a deficiência hídrica provocada pelo insuficiente suprimento pluvial, os agricultores costumam utilizar-se das vazantes dos açudes e dos aluviões, próximos ou no leito seco de cursos d'água, para cultivos diversos em escala doméstica de subsistência. Essas situações especiais, no entanto, não são "captadas" pela metodologia aqui utilizada.

Os zoneamentos foram elaborados a partir dos dados disponíveis, sobretudo médias de temperatura do ar e totais mensais de precipitação pluviométrica. Assim, áreas com características climáticas diferentes do seu entorno, mas para as quais não existem dados, não podem ser detectadas por meio da metodologia utilizada. Por fim, existem pequenos ambientes sujeitos a condições de umidade muito diferentes daquelas que predominam na área circunvizinha, cujo a metodologia não permite perceber essas variações localizadas.

Para validação dos resultados dos mapas de aptidão climática de cada cultura foram realizadas entrevistas com agricultores, extensionistas e técnicos com o intuito de aperfeiçoar e complementar os mapas.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Cultura do Algodão Herbáceo (*Gossypium hirsutum*)**

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) é uma planta de origem tropical, também explorada economicamente em países subtropicais, acima da latitude de 30° N. Um dos fatores ambientais que mais interferem no crescimento e no desenvolvimento da cultura é a temperatura do ar, por afetar a fenologia, a expansão foliar, o alongamento dos internós, a produção de biomassa e a partição de fotoassimilados em diferentes partes da planta. (Amaral e Silva, 2006).

Com o uso de novas tecnologias, como cultivares mais precoces, alternativas de controle de pragas, quase ausência de doença, devido ao clima seco e melhor manipulação cultural, é possível produzir o algodão com rentabilidade e qualidade. Além de se tratar de uma planta de elevada capacidade de resistência à seca, adaptada ao semiárido nordestino, é uma das poucas opções fitotécnicas sustentáveis para as condições de aridez (Beltrão, 2001).

A temperatura ótima para produção está entre 18°C e 30°C. Noites frias e temperaturas diurnas baixas resultam em crescimento vegetativo com poucos ramos frutíferos. É uma planta de dias curtos, porém existem variedades neutras quanto à duração do dia. O algodão necessita também de elevada radiação solar e insolação, condições amplamente encontradas no Nordeste (Reddy et al., 1991).

De acordo com Rosolem (2007), apud Oliveira (2010), o algodoeiro tem tolerância relativamente alta à escassez hídrica, quando comparado a outras culturas, como, por exemplo, soja, arroz, milho, girassol e trigo, dentre outras. Esta característica são condicionadas por seus ajustes fisiológicos, assim como de sua capacidade de crescimento e plasticidade radicular. Uma planta de algodão submetida à seca, desde que sem

impedimento físico ou químico no solo, aprofunda seu sistema radicular, explorando melhor os horizontes mais profundos e as reservas de água do solo.

O algodoeiro necessita de precipitação pluviométrica anual entre 500 mm e 1500 mm, bem distribuída (CONDEPE, 1987). De acordo com Amorim Neto e Beltrão (1992) muitas cultivares de ciclo curto (100 - 120 dias) e médio (130 - 150 dias), podem consumir entre 450 mm e 700 mm de água e apresentam potencial de rendimento superior a 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço.

O algodão é cultivado em condições de sequeiro na região Nordeste. A estação de cultivo deve coincidir com a estação chuvosa. No entanto, nem sempre a estação é suficientemente longa para suprir as necessidades hídricas da cultura em todo seu crescimento e desenvolvimento (Azevedo e Maciel, 1993; Steenkamp e Kock, 1996).

Embora considerada uma cultura tolerante à seca, a quantidade de fibra produzida pelo algodão é proporcional ao volume de água fornecido durante o seu cultivo (Bucks, 1988; Meneses, 2007). Além disto, deficiência de água no período de alongamento da fibra compromete o comprimento, proporcionando sua redução e, dependendo do grau de estresse, ocasiona imaturidade da fibra (Beltrão et al., 2008).

O final do seu ciclo vegetativo deve coincidir com um período seco para possibilitar a perfeita secagem do fruto e sua deiscência. Chuvas intensas podem causar o acamamento das plantas o que, durante a floração, provoca queda dos botões florais e das maçãs jovens, enquanto chuvas contínuas durante a floração e a abertura das maçãs comprometem a polinização e reduz a qualidade da fibra (Laca-Buendia et al., 1997). Souza e Beltrão (1997) afirmam que o excesso de água no solo influencia a deficiência total ou parcial do oxigênio e, dependendo do estágio e duração do encharcamento, afeta o rendimento da cultura.

Os critérios discriminantes utilizados neste trabalho para identificar as potencialidades climáticas de Alagoas relacionadas ao cultivo do algodoeiro herbáceo, levaram em conta a relação entre a precipitação (P) e a evapotranspiração (EP) em cada mês  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) do ciclo vegetativo, parâmetro mais conveniente que o emprego tradicional do índice de vegetação mensal.

As seguintes classes de aptidão climática foram utilizadas:

Aptidão Moderada, com  $P_i/EP_i \geq 2,5$  indicando umidade excessiva ou o período chuvoso demasiadamente longo prejudicial à maturação e colheita;

Aptidão Plena, com  $2,5 > P_i/EP_i \geq 1,5$ , com pequeno excesso de umidade, podendo prejudicar a maturação e a colheita;

Aptidão Plena, com  $1,5 > P_i/EP_i \geq 1,0$ , sem limitações hídricas para a cultura;

Aptidão Moderada, com  $1,0 > P_i/EP_i \geq 0,7$  caracterizando deficiência hídrica no período vegetativo;

Inaptidão Climática,  $P_i/EP_i < 0,7$  por deficiência hídrica acentuada.

A condição complementar adotada para a aptidão plena foi que, o quarto mês após o plantio fosse seco, exatamente para possibilitar que se completasse a maturação das sementes e a subsequente deiscência do fruto.

Em anos com chuvas regulares, 14.231 km<sup>2</sup> (51%) do estado de Alagoas apresenta aptidão climática plena para o cultivo de algodão. Em anos secos a área com essa aptidão é de , 13.206 km<sup>2</sup> (48%) e de 16.201 km<sup>2</sup> (58%) em anos chuvosos (Tabela 3).

A maioria das áreas aptas ao cultivo do algodoeiro encontra-se na região Agreste do Estado, a partir do município de Limoeiro de Anadia e se

estendendo até os municípios de Santana do Ipanema ao norte, e ao sul, Trapiá (Figuras 5, 6 e 7).

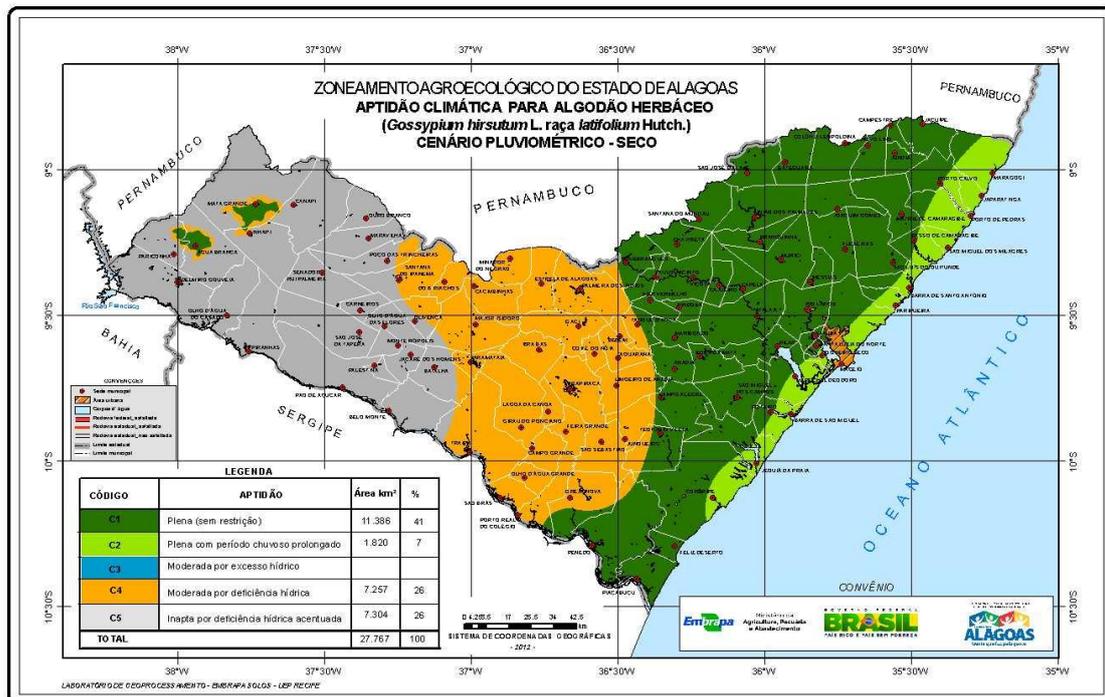
No extremo oeste de Alagoas a condição climática para o cultivo do algodão é inapta, devido à escassez hídrica. Apenas nos anos considerados chuvosos parte desta região apresenta aptidão climática moderada.

Em partes da Zona da Mata e do Litoral do Estado o cultivo do algodão não é recomendado devido à probabilidade de ocorrer excesso hídrico na colheita e prejudicar a qualidade do algodão.

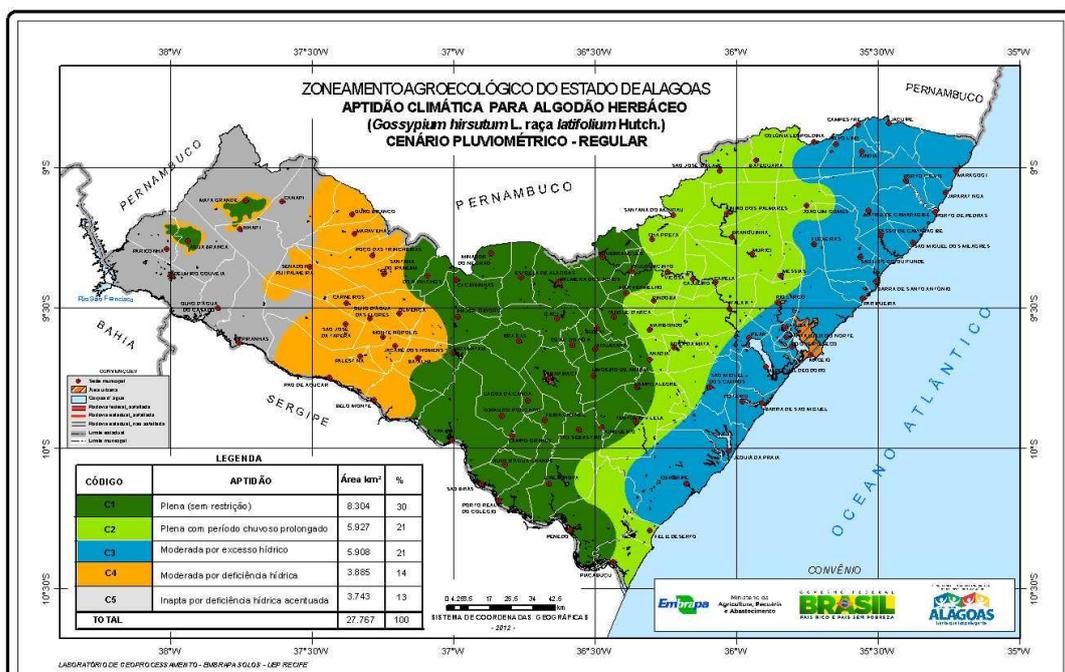
Devido à restrição hídrica em anos secos, boa parte da região Agreste não apresenta as melhores condições climáticas para o cultivo do Algodão. Em anos chuvosos, o cultivo é limitado em parte da Zona da Mata devido o excesso hídrico, porém, incrementa-se substancialmente as áreas aptas em toda região Oeste do Estado.

**Tabela 3.** Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.

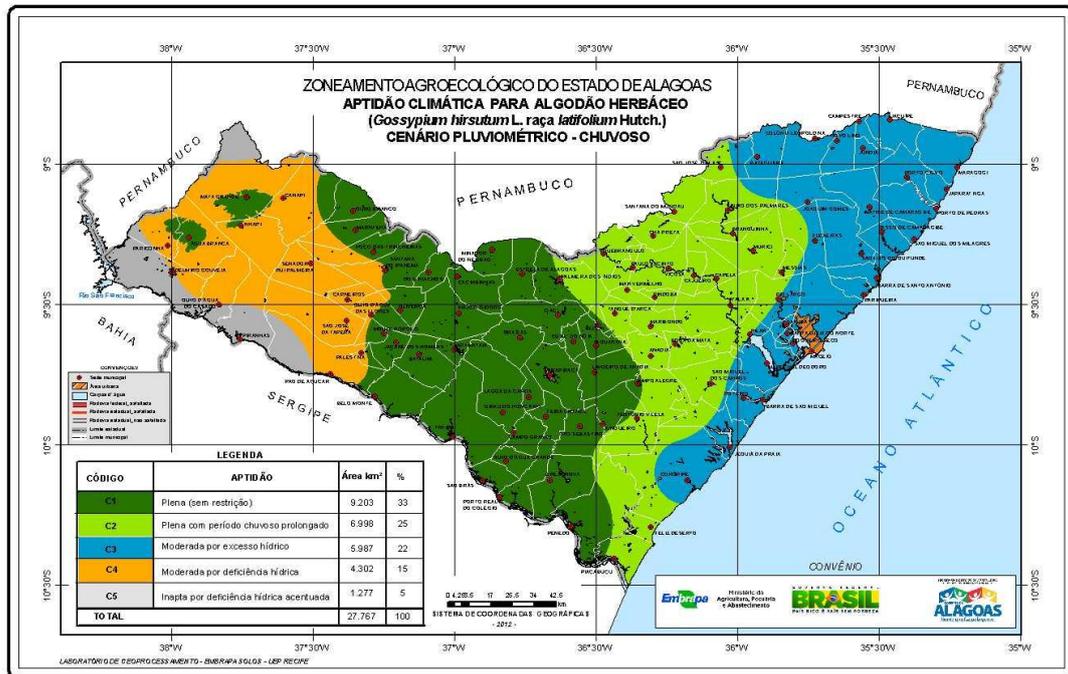
Aptidão climática	Cenário pluviométrico					
	Seco km <sup>2</sup>	%	Regular km <sup>2</sup>	%	Chuvoso km <sup>2</sup>	%
Plena (sem restrição)	11.386	41	8.304	30	9.203	33
Plena com período chuvoso prolongado	1.820	7	5.927	21	6.998	25
Moderada por excesso hídrico	0	0	5.908	21	5.987	22
Moderada por deficiência hídrica	7.257	26	3.885	14	4.302	15
Inapta por acentuada deficiência hídrica	7.304	26	3.743	13	1.277	5
<b>Total</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>



**Figura 5.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico seco



**Figura 6.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico regular.



**Figura 7.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico chuvoso.

### 3.2 Cultura da Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) 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 e Barros, 2001).

O rendimento econômico da cana-de-açúcar é dado pela produção de sacarose, além de açúcares não redutores, utilizados para formar o melaço, e também a fibra, que por sua combustão pode gerar energia (Toppa et al., 2010).

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.

A cana-de-açúcar, por ser uma planta de metabolismo fotossintético C4, apresenta alta eficiência na conversão de energia radiante em energia química, com altas taxas fotossintéticas (Rodrigues, 1995).

Se bem distribuída, um total de chuva entre 1.100 mm e 1.500 mm é adequado para a cultura, principalmente nos meses de crescimento vegetativo, seguido por um período relativamente mais seco de amadurecimento.

No período vegetativo, a disponibilidade hídrica promove o rápido crescimento e alongamento das plantas. Por outro lado, o excesso hídrico no período de amadurecimento pode prejudicar a qualidade da sacarose produzida e o atraso nas operações da colheita (Netafim, 2012).

Moraes e Bastos (1972) indicam que um regime pluviométrico sem deficiência hídrica não é recomendável para produção de açúcar, porém, a elevada deficiência hídrica tem efeito prejudicial no desenvolvimento da cultura.

Dos elementos climáticos a temperatura é um dos mais importantes para a produção de cana-de-açúcar. A planta, geralmente, é tolerante a altas temperaturas, produzindo em regiões com temperatura média de verão de 35°C. De acordo com Fauconier e Bassereau (1970), temperaturas entre 21°C e 32°C aumentam a taxa fotossintética e superiores a 32°C tem início a diminuição fotossintética da cana. Temperaturas mais baixas (menor do que 21°C) diminuem o crescimento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose, ou seja, temperaturas médias mensais iguais ou superiores a 21°C são requeridas pela cultura, condição reinante em praticamente todo o Estado de Alagoas, exceto nos meses mais frios e em pontos isolados, devido à altitude elevada (Rodrigues, 1995).

Praticamente todo o Estado Alagoas possui temperaturas em torno da faixa ótima para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

O índice efetivo de umidade (Im) foi utilizado como parâmetro para o zoneamento, adaptando os critérios utilizados por Camargo et al. (1977) e Varejão-Silva e Barros (2002) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana-de-açúcar.

Aptidão climática	Im (-)*
Moderada por excesso hídrico - dificuldade de colheita	$Im \geq 40$
Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado	$10 < Im \leq 40$
Plena	$-10 < Im \leq 10$
Moderada por deficiência hídrica	$0 < Im \leq -10$
Inapto por deficiência hídrica acentuada	$Im \leq -10$

\*Índice de umidade

Por se tratar de cultura de ciclo vegetativo longo, foi considerado apenas o mapa de aptidão climática para anos regulares. Os mapas de aptidão climática para anos secos e chuvosos são apresentados apenas para observar as condições que a cultura pode estar submetida de ano para ano, seja no plantio, no manejo e, ou, na colheita, já que se trata de uma cultura de ciclo superior a 12 meses.

Deve-se mencionar, porém, que, sendo a limitação climática basicamente de natureza hídrica, o cultivo da cana-de-açúcar, de um modo geral, pode ser efetuado em baixios úmidos, onde encontra-se pequena deficiência hídrica. Contudo, a disponibilidade de dados e a metodologia aqui utilizada não possibilitam detectar as situações do relevo associadas a maior disponibilidade de água, possível somente por uma análise mais detalhada que considere hidrologia de solos e a geomorfologia.

No cenário pluviométrico regular, as regiões da Zona da Mata e do Litoral de Alagoas reúnem as melhores condições climáticas para o cultivo da cana-de-açúcar. Cerca de 40% da área total de Alagoas apresenta aptidão climática plena; 37% inapta por deficiência hídrica e 13% moderada, dentre os quais 12% por deficiência hídrica e 1% por excesso hídrico (Tabela 5).

Do município de Palmeira dos Índios no sentido a Taquarana e Junqueiro, até as imediações de Igreja Nova, a cultura da cana-de-açúcar expressa aptidão climática plena. Apenas parte do Litoral Norte, divisa com o Estado de Pernambuco, pode apresentar áreas com excesso de umidade para a cultura, prejudicando as operações de colheita e maturação da cana (Figura 9).

A partir dos municípios de Tanque d'Arca, Limoeiro de Anadia e Porto Real do Colégio, regiões de transição entre a Zona da Mata e o Agreste (úmido), observa-se que as condições climáticas para a cultura da cana-de-açúcar tornam-se mais restritivas, devido à escassez hídrica, acentuando-se no sentido oeste do Estado. Nos municípios de Mata Grande e Água Branca

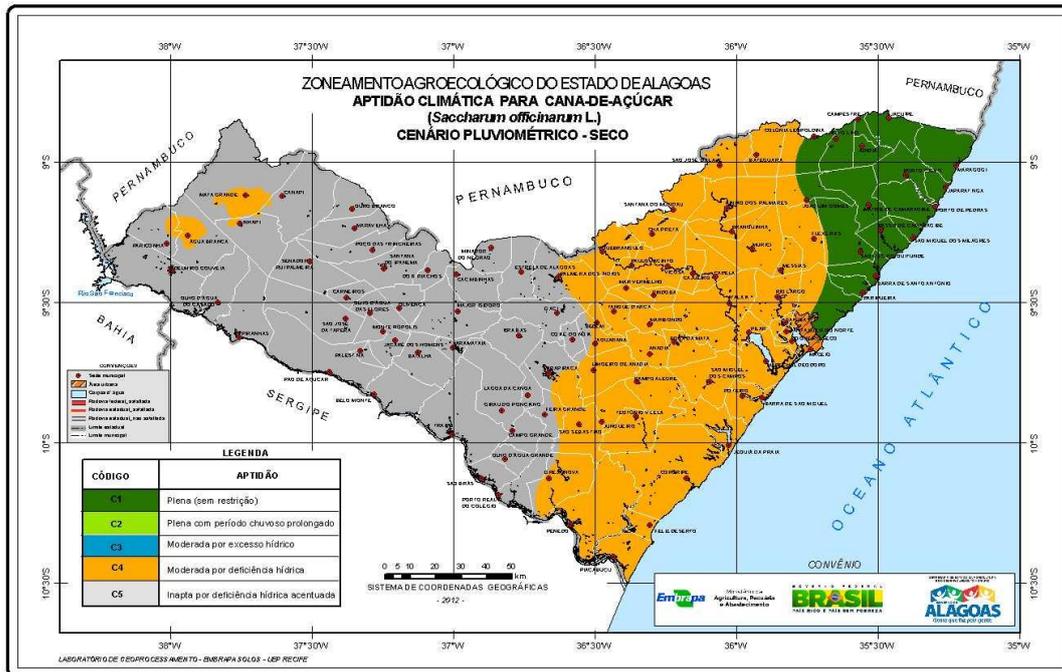
observam-se pequenas áreas, nas quais a cultura da cana mostra-se com potencial para o cultivo.

A deficiência hídrica em anos secos limita o cultivo da cana-de-açúcar em grande parte do Estado, principalmente na região Semiárida e Agreste. Nessas circunstâncias é frequente a queda de produção, a restrição e morte de plantios em fase de renovação (Figura 8).

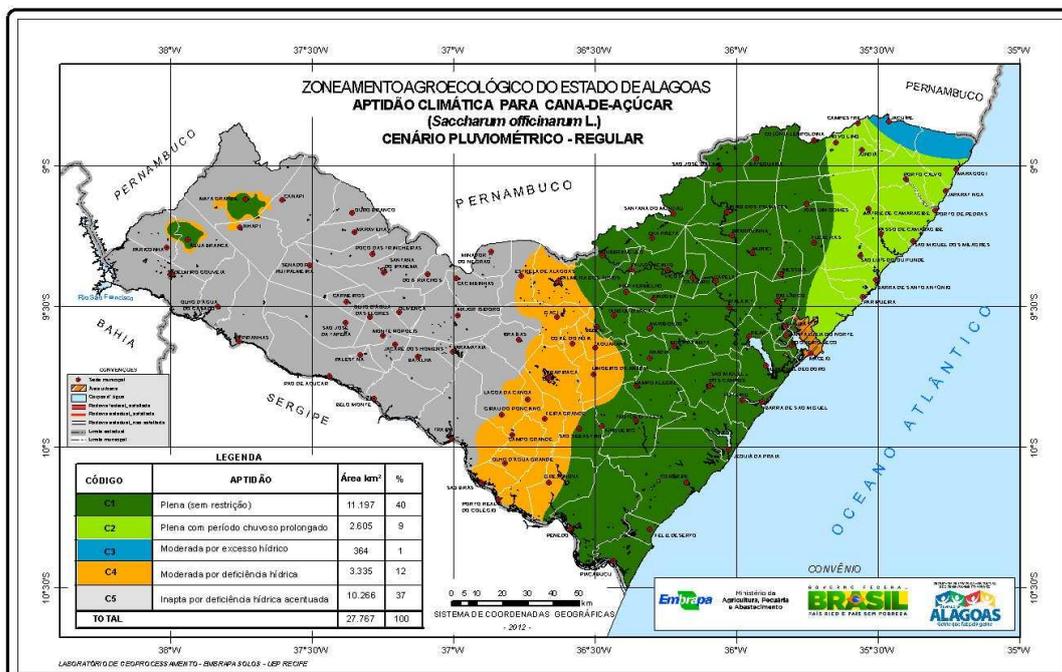
No cenário pluviométrico chuvoso a parte da Zona da Mata Sul passa a constituir a região do Estado de Alagoas com maior potencial à produção açucareira, enquanto que parte da Zona da Mata Norte ostenta umidade excessiva que geralmente reflete na queda na produtividade e na qualidade da sacarose (Figura 10). Nesse cenário, as áreas montanhosas do interior, notadamente em Água Branca e Mata Grande, bem como uma expressiva faixa do Agreste adjacente à Zona da Mata, surgem como climaticamente propícias ao desenvolvimento dessa cultura. No entanto, o número de anos classificados no cenário chuvoso representa uma porcentagem bem menor que aqueles inseridos no cenário regular.

**Tabela 5.** Quantitativo de classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular.

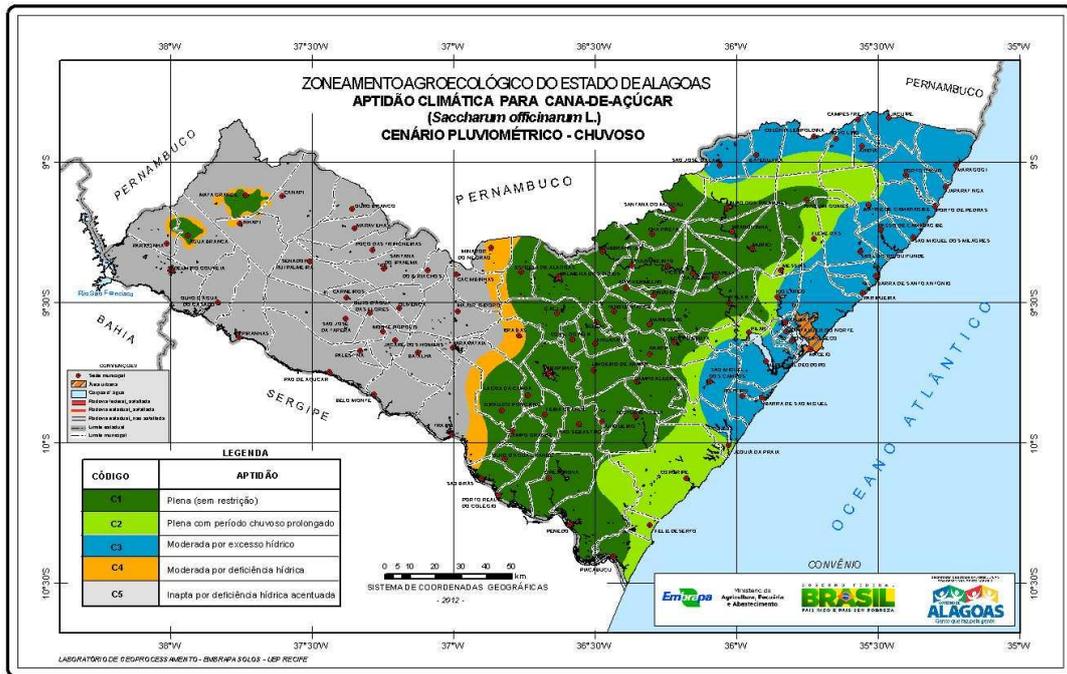
<b>Aptidão climática</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Plena (sem restrição)	11.197	40
Plena com período chuvoso prolongado	2.605	9
Moderada por excesso hídrico	364	1
Moderada por deficiência hídrica	3.335	12
Inapta por acentuada deficiência hídrica	10.266	37
<b>Total</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>



**Figura 8.** Zoneamento de aptidão climática do estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico seco.



**Figura 9.** Zoneamento de aptidão climática, do estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular.



**Figura 10.** Zoneamento de aptidão climática, do estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico chuvoso.

### 3.3 Cultura do Feijão Caupi (*Vigna unguiculata*)

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa que apresenta grande rusticidade e excelente adaptação às condições de clima e solo da região Nordeste. É utilizado na alimentação humana e cultivado nas áreas áridas e semiáridas do Nordeste, onde constitui alimento básico para a população (Freire Filho, 2000).

Em outras regiões do país, difundiu-se como hortaliça, na produção de grãos verdes para alimentação humana e, na alimentação animal, é consumido naturalmente ou como feno, consistindo em uma excelente fonte de proteínas, apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas (Cardoso et al.,1994).

Devido às suas características de rusticidade e variabilidade genética, é uma espécie de grande valor estratégico, principalmente em áreas que apresentam escassez hídrica. Tendo como habitat as regiões de clima quente (úmida ou semiárida), o feijão caupi é cultivado nas regiões Norte e Nordeste do país.

O Nordeste semiárido enquadra-se na faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do caupi, podendo alcançar maiores produtividades com cultivares melhorados e adaptados às condições de disponibilidade de água do Agreste.

No Nordeste a melhor época de semeadura do feijão caupi, para as variedades de ciclo médio (80 a 90 dias), é o início do período chuvoso de cada região. Para as variedades precoces (70 a 80 dias) o ideal é semear nos dois meses antes do término do período chuvoso. Com isso a colheita pode ser realizada em períodos secos, com melhor qualidade do produto final.

Grande parte dos agricultores inicia a semeadura nas primeiras chuvas, devido às constantes ameaças de ocorrência de veranicos, pois, apesar de sua rusticidade e tolerância a deficiência hídrica, os períodos prolongados de estresse hídrico no período de florescimento pode diminuir a formação de vagens e prejudicar a produção de grãos.

A cultura do feijão caupi exige em torno de 400 mm a 500 mm de precipitação pluviométrica, distribuídos regularmente durante o ciclo vegetativo da cultura, para se alcançar maiores produtividades e sem a necessidade de irrigação suplementar. Dependendo da cultivar utilizada, a cultura tolera ocorrências de déficit hídrico apenas no início de seu desenvolvimento, sendo considerada resistente à seca (Embrapa, 2003).

De acordo com Doorenbos e Pruit (1976), o período de florescimento e formação das vagens são mais críticos à falta de água, sendo importante, nesse período, adequada umidade do solo para se alcançar boa produção. Segundo Heinemann (2009), independente da magnitude do estresse hídrico, cultivares de feijoeiro respondem diferente durante a floração. Assim, a produção de grãos pode diminuir na medida em que os números de dias de estresse aumentam. A cultura do feijão caupi também é sensível à umidade do solo excessiva, principalmente na fase de desenvolvimento da cultura.

Médias mensais de temperatura do ar entre 21°C e 30°C, durante o ciclo vegetativo da cultura, constituem a faixa térmica ideal para um bom desenvolvimento da planta. Temperaturas muito elevadas podem causar o abortamento de flores. Temperaturas baixas, inferiores a 19°C, influenciam negativamente na produtividade do feijão caupi, retardando o aparecimento de flores e aumentando o ciclo da cultura (Leite et al., 1997; Bastos, 2012).

Em condições naturais na região Nordeste,, outros fatores, como a radiação solar, o fotoperíodo, os vendavais, o granizo e as geadas não constituem problemas para o crescimento e desenvolvimento do feijão caupi.

Considerado  $j$  como um mês do período vegetativo ( $j = 1, 2, 3$ ), os critérios discriminantes utilizados para aptidão do feijão caupi foram os seguintes:

- a) Moderado por excesso hídrico, quando o excedente hídrico acumulado nos três meses iniciais do ciclo ultrapassa 180 mm ( $\sum EXC_j > 180$  mm) ou ocorrerem dois meses consecutivos com excedente superior a 70 mm em cada um deles;
- b) Aptidão plena, mas com pequeno excesso hídrico na época da colheita ( $P_4/EP_4 \geq 0,75$ ), sendo possível o cultivo nas áreas com drenagem adequada;
- c) Aptidão plena, sem limitações hídricas para o cultivo com excedente hídrico no mês de plantio nulo ou positivo ( $EXC_1 \geq 0$ ), deficiência hídrica igual ou inferior a 5 mm nos demais meses do período vegetativo ( $DEF_{2,3} \leq 5$  mm), seguindo-se um mês seco ( $P_4/EP_4 < 0,75$ );
- d) Aptidão moderada por deficiência hídrica ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $DEF_{2,3} < 25$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ ) e/ou ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $25 \leq DEF_{2,3} < 40$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ );
- e) Inaptidão climática, por deficiência hídrica acentuada ( $DEF_1 > 0$  mm e/ou  $DEF_2$  ou  $DEF_3 \geq 40$  mm).

Em anos considerados secos 63% (17.383 km<sup>2</sup>) do estado de Alagoas apresenta condição climática plena para o cultivo do feijão caupi. Em anos com chuvas regulares ; 70% (19.487 km<sup>2</sup>) do estado possui aptidão climática plena para o cultivo, e 57% (15.754 km<sup>2</sup>) nos anos chuvosos (Tabela 6).

Nos anos considerados regulares e chuvosos observam-se áreas no Litoral e na Zona da Mata que podem apresentar problemas devido ao excesso hídrico. Apenas no cenário seco são observadas áreas com

inaptidão climática para o plantio do feijão caupi, notadamente no extremo oeste do Estado (17%).

Anos chuvosos não asseguram expansão uniforme de área com aptidão climática plena para o plantio da cultura em todo o Estado, contudo, pode aumentar as áreas com aptidão moderadas por excesso hídrico. Isso pode ser observado nas áreas com aptidão climática plena nos anos regulares, as quais superam 70%, enquanto que nos anos chuvosos somam apenas 56%.

Nesse sentido, observa-se também o aumento significativo para 34% das áreas que apresentam condições moderadas devido ao excesso hídrico nos anos chuvosos, enquanto nos anos regulares é de apenas 15% (Tabela 6).

A região do Agreste é considerada climaticamente apta (sem limitações climáticas) nos três cenários pluviométricos, principalmente na região central do Estado, na circunvizinhança do município de Arapiraca. A partir deste município, no sentido oeste, verifica-se também que as limitações climáticas tendem a se agravar devido à escassez hídrica (Figuras 11, 12 e 13).

**Tabela 6.** Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi, nos três cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.

Aptidão climática	Cenário Pluviométrico					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Plena (sem restrição)	10.270	37	12.316	44	10.823	39
Plena com período chuvoso prolongado	7.113	26	7.171	26	4.931	18
Moderada por excesso hídrico	0	0	4.105	15	9.383	34
Moderada por deficiência hídrica	5.667	20	4.175	15	2.631	9
Inapta por deficiência hídrica acentuada	4.717	17	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>

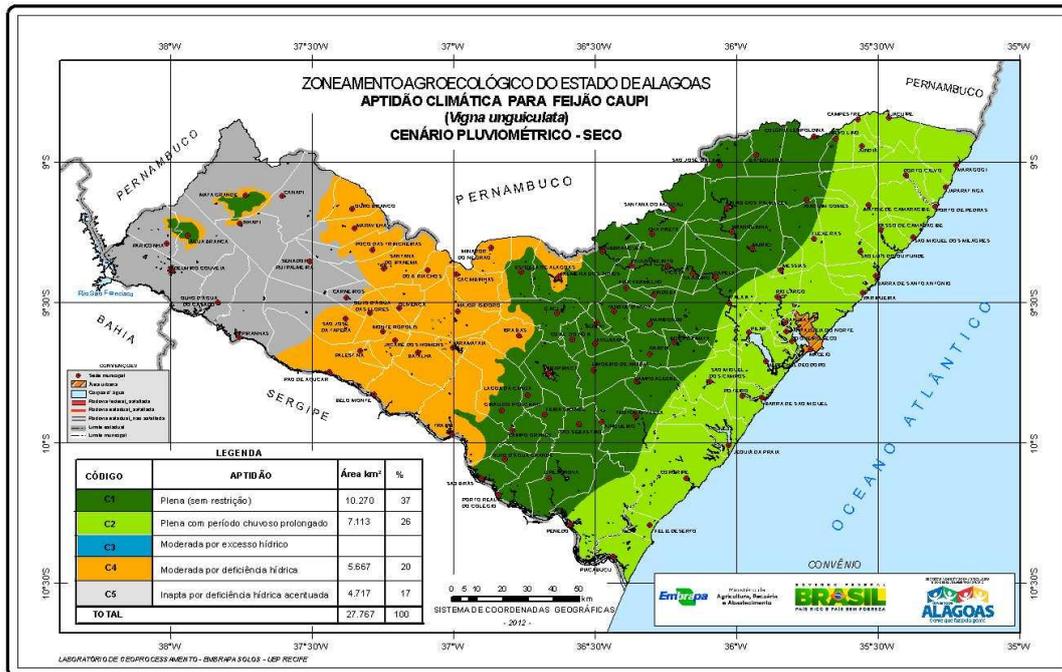


Figura 11. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico seco.

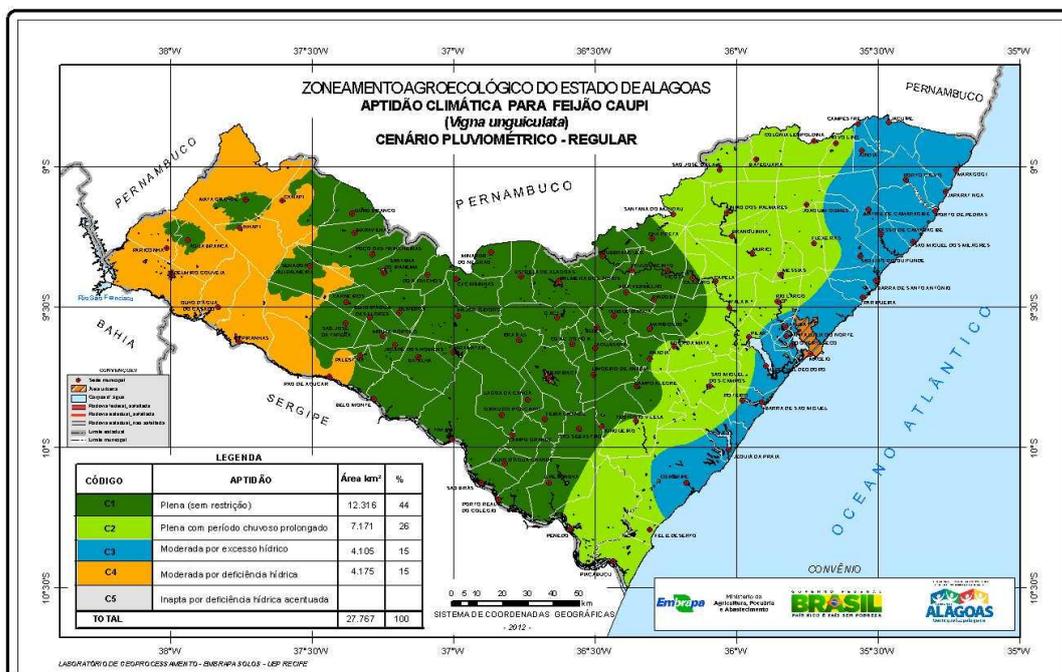
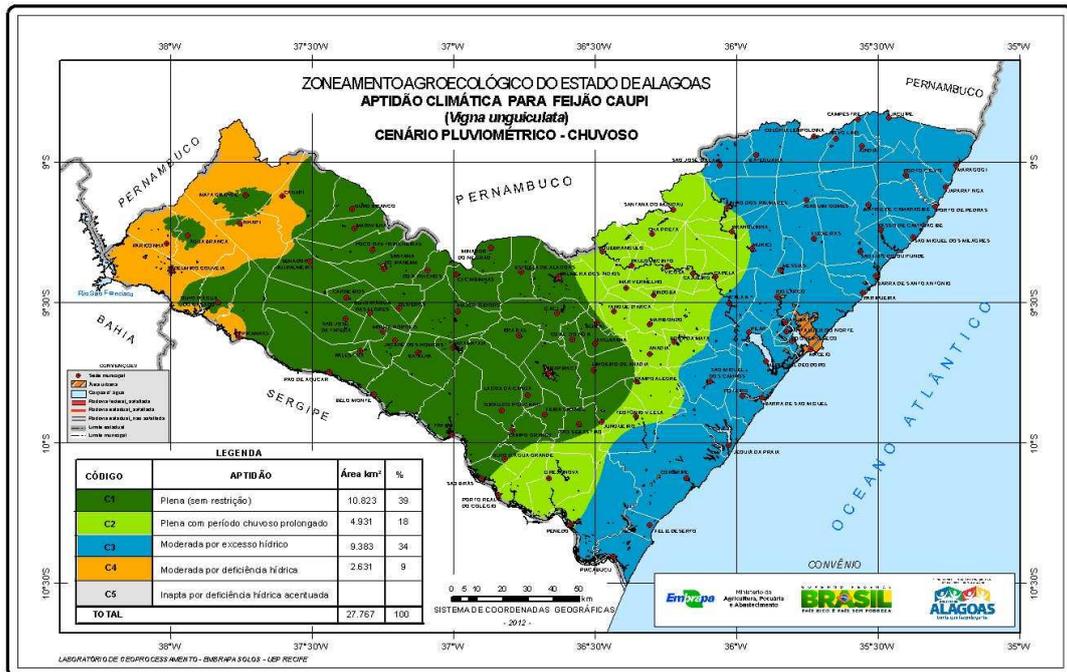


Figura 12. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico regular.



**Figura 13.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico chuvoso.

### 3.4 Cultura do Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris*)

A cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivada principalmente por pequenos produtores com uso reduzido de tecnologia, é um dos principais alimentos da população brasileira, especialmente a de baixa renda. Em Alagoas as principais regiões de produção estão no Sertão semiárido e Agreste.

Seu cultivo tem importância dentro do sistema de produção agrícola do Estado, tanto no que diz respeito a sua extensa área cultivada, quanto por ser economicamente viável, mesmo considerando sua especificidade de cultura de subsistência (Albuquerque, 2002).

Segundo Silva e Didonet (2005), a temperatura do ar pode ser considerada o elemento climático que mais exerce influência no vingamento de vagens, e, de maneira geral, faz referência ao efeito prejudicial das altas temperaturas sobre o florescimento e a frutificação do feijoeiro. Para que o feijoeiro alcance seu rendimento potencial é necessário que a temperatura do ar apresente valores mínimos, ótimo e máximo de 12°C, 21°C e 29°C, respectivamente. Contudo, regiões que apresentam valores de temperaturas do ar noturnas altas provocam maiores prejuízos ao rendimento do feijoeiro, devido ao abortamento de flores (Embrapa, 2005).

A produtividade do feijoeiro também está muito condicionada à disponibilidade de água no solo, podendo reduzir o rendimento em diferentes proporções de acordo com as diferentes fases do ciclo da cultura. As fases de floração e desenvolvimento de grãos parecem ser as mais afetadas por períodos de estresse hídrico (Doorenbos e Pruit, 1976).

De forma semelhante ao feijão caupi, a redução da produtividade tem estreita relação com o número de dias de exposição do feijoeiro fica exposto à redução do teor de água no solo (Heinemann et al., 2009).

O feijão comum é uma planta sensível ao excesso hídrico do solo e a umidade excessiva do ar, sobretudo porque favorece o aparecimento de doenças radiculares e aéreas de origem fúngica, respectivamente. De fato, por apresentar um sistema radicular relativamente curto, um período relativamente longo de encharcamento do solo pode prejudicar o sistema radicular devido ao apodrecimento das raízes.

Chuvas prolongadas no período de desenvolvimento da cultura e, principalmente, durante a colheita, provocam redução na produtividade atrasa a colheita e provoca o acamamento das plantas, refletindo em baixo rendimento e na baixa qualidade dos grãos (Heinemann et al., 2009). Em comparação ao feijão caupi, o feijão phaseolus é muito mais sensível ao excesso de umidade do solo e do ar.

Fatores como radiação solar, fotoperíodo, vendavais, granizo e geadas não constituem problemas para o crescimento e desenvolvimento do feijão phaseolus na região Nordeste.

Os critérios discriminantes para aptidão do feijão phaseolus utilizados foram os seguintes:

Considerado  $j$  como um mês do período vegetativo ( $j = 1, 2, 3$ ),

Moderado por excesso hídrico, quando o excedente hídrico acumulado nos três meses iniciais do ciclo ultrapassa 150 mm ( $\sum EXC_j > 150$  mm) ou ocorrerem dois meses consecutivos ( $k$ ) com excedente superior a 50 mm em cada um deles ( $EXC_k > 50$  mm);

Aptidão plena, mas com pequeno excesso hídrico na época da colheita ( $P_4/EP_4 \geq 0,75$ ), podendo prejudicar a colheita e secagem de grãos, sendo possível o cultivo nas áreas com drenagem adequada;

Aptidão plena, melhores áreas para o cultivo em relação à disponibilidade hídrica ( $EXC_1 \geq 10$  mm;  $DEF_{2,3} < 5$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ );

Aptidão moderada por deficiência hídrica ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $DEF_{2,3} < 15$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ ) e/ou ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $DEF_{2,3} < 30$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ );

Inaptidão climática, por deficiência hídrica acentuada ( $DEF_1 \geq 0$  mm e/ou  $DEF_{2,3} \geq 30$  mm).

Em anos secos, regulares e chuvosos as áreas sem restrições climáticas (plena) somam 19% (5.268 km<sup>2</sup>), 21% (5.788 km<sup>2</sup>) e 29% (8.113 km<sup>2</sup>), respectivamente. (Tabela 7).

Em anos considerados secos, cerca de 34% da área do Estado apresenta aptidão climática plena com período chuvoso prolongado (Figura 14). O total de terras com aptidão plena com período chuvoso prolongado somadas das terras com aptidão moderada por excesso hídrico é de 43% (11.955 km<sup>2</sup>) e 56% (15.477 km<sup>2</sup>), em anos regulares e chuvosos, respectivamente. Essas áreas estão localizadas, principalmente, no Litoral e na Zona da Mata.

Nos três cenários pluviométricos as regiões da Zona da Mata e do Litoral do Estado apresentam problemas de excesso de umidade, com probabilidade de ocorrer um período chuvoso prolongado e prejudicar a colheita e secagem de grãos e, ou ocorrer doenças devido ao excesso de umidade. Nos cenários regulares e chuvosos o excesso de umidade se mostra mais pronunciado, principalmente nas áreas mais elevadas e adjacentes ao Litoral (Figuras 14, 15 e 16).

No Estado de Alagoas não foram observadas áreas com aptidão climática inapta por deficiência hídrica em anos chuvosos. As áreas impróprias (inaptas) por escassez hídrica nos anos secos e regulares são de 31% (8.535 km<sup>2</sup>) e 15% (4.258 km<sup>2</sup>), respectivamente (Tabela 7).

No cenário regular, uma faixa com início no município de Chã Preta até as imediações de Craíbas é favorável ao cultivo do feijão comum. Entretanto, a partir do município de Craíbas, no sentido oeste, se observa o

aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio. A partir dos municípios de Poço das Trincheiras, Major Isidoro e Belo Monte, o cultivo torna-se impróprio devido à acentuada deficiência hídrica. Nesta região, as áreas que climaticamente foram classificadas como aptas climaticamente são as dos municípios de Água Branca e Mata Grande. A deficiência hídrica praticamente restringe o cultivo do feijão *phaseolus* no Sertão e grande parte do Agreste no cenário regular (Figura 15).

No cenário chuvoso parte considerável do Agreste apresenta aptidão climática plena para o cultivo do feijão comum. As áreas com aptidão moderada por deficiência hídrica se concentram no Sertão (Figura 16).

Finalmente, ressalta-se que dentro da área com excesso hídrico pode ocorrer situações em que o cultivo do feijoeiro é viável, desde que se destine à produção de vagens.

**Tabela 7.** Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão *phaseolus* nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.

Aptidão climática	Cenário pluviométrico					
	Seco km <sup>2</sup>	%	Regular km <sup>2</sup>	%	Chuvoso km <sup>2</sup>	%
Plena (sem restrição)	5.779	21	6.304	23	7.712	28
Plena com período chuvoso prolongado	9.337	34	4.260	15	6.094	22
Moderada por excesso hídrico	0	0	7.695	28	9.383	34
Moderada por deficiência hídrica	4.116	15	5.260	19	4.578	16
Inapta por deficiência hídrica acentuada	8.535	31	4.248	15	0	0
<b>Total</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>

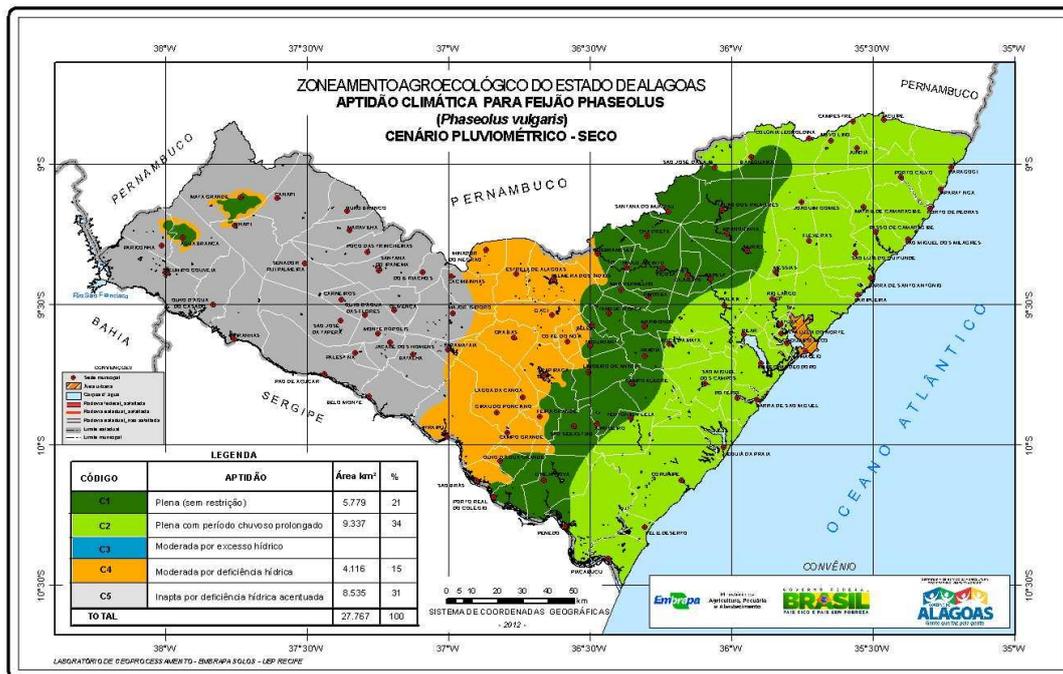


Figura 14. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico seco.

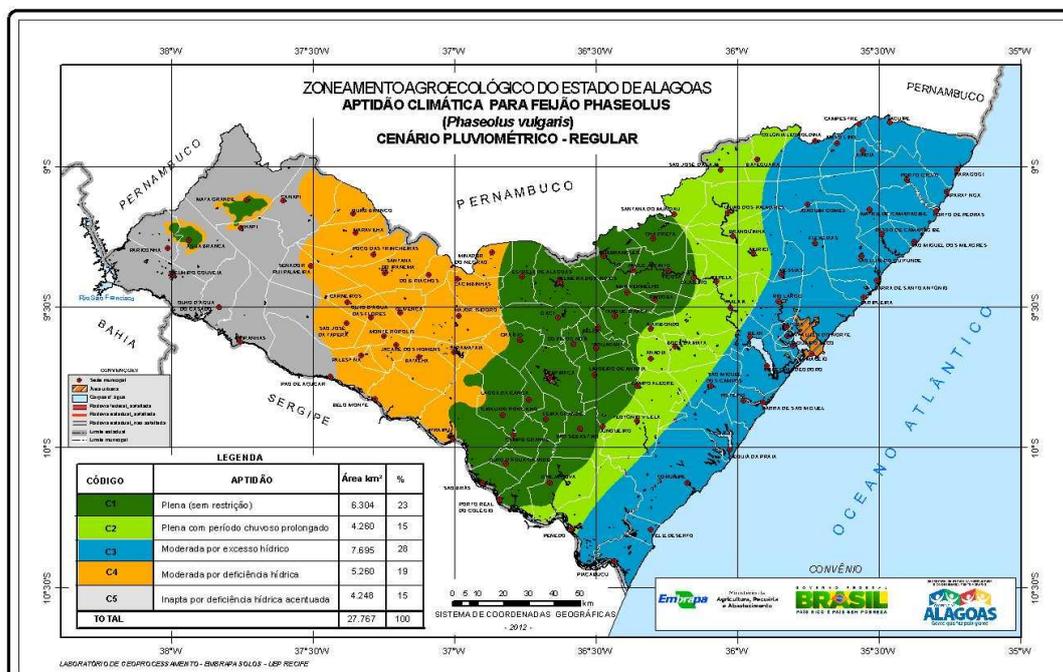
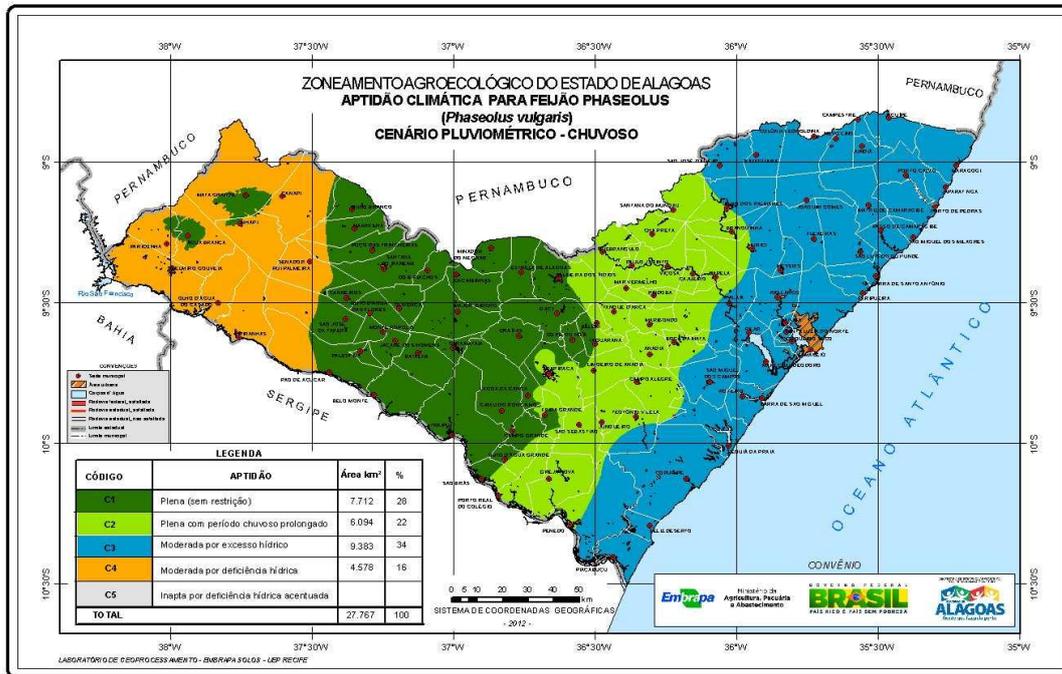


Figura 15. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico regular.



**Figura 16.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico chuvoso.

### 3.5 Cultura da Mamona (*Ricinus communis* L.)

A cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) pertence a família das Euforbiáceas, consistindo de uma planta rústica e resistente à seca de origem tropical, que atualmente pode ser encontrada entre os paralelos 40°N e 40°S. A mamona foi destaque no cenário econômico nas décadas de 70 e 80, colocando o Brasil como um dos grandes produtores mundiais. Atualmente apresenta-se como cultura de importância estratégica para a economia do Nordeste, sobretudo nos ambientes de clima semiárido.

A mamona é tolerante à seca, proporciona ocupação e renda, é de fácil cultivo, podendo ser conduzida por pequenos produtores (agricultura familiar) e seu óleo pode ser utilizado para a fabricação do biodiesel. Esta cultura apresenta maior produção de óleo por área plantada quando comparada à outras oleaginosas, apresentando-se como alternativa para a produção de biocombustíveis, com óleo de excelente qualidade (Beltrão et al., 2004).

A mamona é considerada uma espécie de dias longos e o seu desenvolvimento é beneficiado em fotoperíodos maiores que 12 horas. O ótimo ecológico da cultura da mamona apresenta temperatura do ar a 23 °C, chuvas em torno de 1.000 mm/ano, mas pode variar entre 500 mm/ano a 1.600 mm, bem distribuídos para se obter rendimentos em torno de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> (Beltrão e Silva, 1999). Umidade relativa do ar em torno de 55%. Temperaturas elevadas, acima de 30 °C, promovem problemas de reversão de sexo, havendo tendência a formação de mais flores masculinas (Pereira et al., 2008).

De acordo com Távora (1982), a precipitação pluviométrica apropriada durante a fase vegetativa até o início da floração é de 400 mm a 500 mm. No estágio de formação de frutos e sementes, a deficiência hídrica provoca decréscimo no peso e no teor de óleo das bagas. Após essa fase, o ambiente seco é mais favorável ao longo do estágio de maturação.

Segundo Beltrão et al. (2009), embora a mamoeira apresente tolerância ao estresse hídrico, a cultura requer pelo menos 500 mm durante o seu ciclo.

A cultura pode ser severamente prejudicada, quando submetida a temperaturas extremas. Temperatura do ar superior a 40°C pode provocar abortamento de flores e redução do teor de óleo, e inferiores a 10°C as plantas não produzem mais sementes, devido à perda de viabilidade do pólen. A temperatura média do ar ideal é da ordem de 20°C a 30°C. A temperatura ótima é de 23°C a 25°C (Silva, 1983; Andrade Júnior et al., 2004; Beltrão et al., 2009).

O excesso hídrico é prejudicial em qualquer período de crescimento da cultura, mas o excesso durante a frutificação pode causar significativa redução da qualidade e na produtividade, devido à possibilidade dos frutos apodrecerem nos cachos (Andrade Junior et al., 2004). De fato, dentre os fatores desfavoráveis ao crescimento e o desenvolvimento da mamona, destaca-se a umidade excessiva do ar, intensa nebulosidade, alta concentração de sais no solo e/ou na água e a baixa disponibilidade de oxigênio nas raízes, seja devido ao encharcamento (excesso hídrico do solo) ou por compactação do solo (Beltrão et al., 2009).

Em geral, admite-se que chuvas superiores a 1.500 mm são consideradas excessivas, principalmente quando se concentram em períodos curtos, podendo causar diversos danos à cultura, tais como hipoxia nas raízes, queda de frutos e favorecer a ocorrência de doenças. A época de semeadura adequada é aquela em que se aproveita ao máximo o período chuvoso, mas realiza-se a colheita no período seco (Wrege et al., 2007).

A altitude tem sido um dos critérios utilizados para a realização do Zoneamento da Mamoneira, no qual se considera o ótimo ecológico para expressão do seu potencial produtivo na faixa de 300 m a 1.500 m de altitude (Beltrão et al., 2009).

Entretanto, trabalhos desenvolvidos por Bahia et al. (2008); Cerqueira (2008) e Sampaio Filho (2009) mostram também o bom desempenho de cultivares em baixas altitudes. Anjos e Silva et al. (2004) também citam trabalhos que indicam rendimentos superiores para a cultura, quando comparado com outras regiões do Brasil. Além disso, de acordo com Souza Junior et al. (2010) e Santos Almeida (2010), a mamoneira em baixa altitude pode até aumentar o teor e qualidade do óleo das sementes.

A altitude pode influenciar a planta da mamoneira por diversos fatores, mas principalmente pela temperatura, a qual tende a decrescer à medida que a altitude aumenta. A temperatura tem grande impacto sobre a fotossíntese e respiração da planta, pois influenciam em diversas reações bioquímicas ligadas a estes dois processos fisiológicos (Melo et. al., 2008). Altas temperaturas noturnas promovem o intenso metabolismo respiratório das plantas durante a noite, consumindo as reservas acumuladas durante o dia por meio da fotossíntese.

Este zoneamento de aptidão climática contempla três diferentes cenários pluviométricos (anos secos, regulares e chuvosos). No entanto, por se tratar de uma cultura de ciclo vegetativo longo, foi considerado apenas o mapa de aptidão climática para anos regulares. Os mapas de aptidão climática para anos secos e chuvosos são apresentados apenas para observar as condições que a cultura pode estar submetida de ano para ano, seja na semeadura, no manejo e, ou na colheita.

O índice efetivo de umidade (Im) foi utilizado como critério de seleção dos ambientes com aptidão climática para a cultura da mamoeira. Os critérios utilizados estão discriminados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mamona.

<b>Aptidão climática</b>	<b>Im (-)*</b>
Moderada por excesso hídrico - dificuldade de colheita	$Im \geq 20$
Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado	$-10 < Im \leq 20$

Plena	$-20 < Im \leq -10$
Moderada por deficiência hídrica	$-40 < Im \leq -20$
Inapto por deficiência hídrica acentuada	$Im \leq -40$

\*Índice de umidade

No Estado de Alagoas não se observou restrição térmica para a cultura da mamona, condição semelhante ao período de luminosidade de 12 h dia<sup>-1</sup>, uma vez que o Estado apresenta temperatura média do ar e luminosidade dentro da faixa para o desenvolvimento vegetativo da cultura.

Estima-se que 29% da área do Estado apresenta aptidão plena, sem limitação climática para o cultivo da mamona; 26% em condição plena, mas que apresenta probabilidade de pequeno excesso hídrico; 17 % em condições moderadas, por excesso hídrico e mais 12% por deficiência hídrica. Apenas 12% do Estado apresenta-se totalmente inapto para o cultivo da mamona (Tabela 9).

Todo Litoral e parte da Zona da Mata apresentam problemas devido ao excesso de umidade. Na faixa estreita do Litoral alagoano o excesso de umidade é mais restritivo, a partir do município de Maragogi, estendendo-se até Coruripe. Apesar da menor probabilidade de apresentar problemas de umidade, toda a Zona da Mata pode apresentar excesso hídrico, podendo prejudicar a colheita e o desenvolvimento da cultura (Figura 18).

Aptidão climática plena da cultura da mamona no Estado de Alagoas se restringe a uma parte da Zona da Mata a partir dos municípios de Anadia, Junqueiro e Viçosa, no sentido oeste, até o Agreste mais úmido, na divisa com os municípios de Major Isidoro, Belo Monte e Batalha. Esta região reúne as melhores condições climáticas para a cultura, devido à baixa umidade do ar, precipitação pluviométrica de 700 mm a 1.400 mm e temperatura média do ar em conformidade as exigências energéticas da cultura, entre 26°C a 28°C.

Parte do Agreste mais seco, do município de Jaramataia até as imediações de Santana do Ipanema, de um lado, e do outro, Jacaré dos

Homens, as condições climáticas tornam-se moderadas por deficiência hídrica, e a partir destes municípios inapta por acentuada escassez de água.

Em anos considerados chuvosos toda a Zona da Mata torna-se mais restritiva ao cultivo da mamona por apresentar excesso hídrico (Figura 19). Nos anos secos, praticamente toda a Zona da Mata e o Agreste são favoráveis ao plantio de mamona, com maior restrição no Sertão, devido à deficiência hídrica (Figura 17).

**Tabela 9.** Quantitativo de classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico regular.

Aptidão climática	Área (km <sup>2</sup> )	%
Plena (sem restrição)	7.938	29
Plena com período chuvoso prolongado	7.263	26
Moderada por excesso hídrico	4.610	17
Moderada por deficiência hídrica	3.300	12
Inapta por deficiência hídrica acentuada	4.656	17
Total	27.768	100

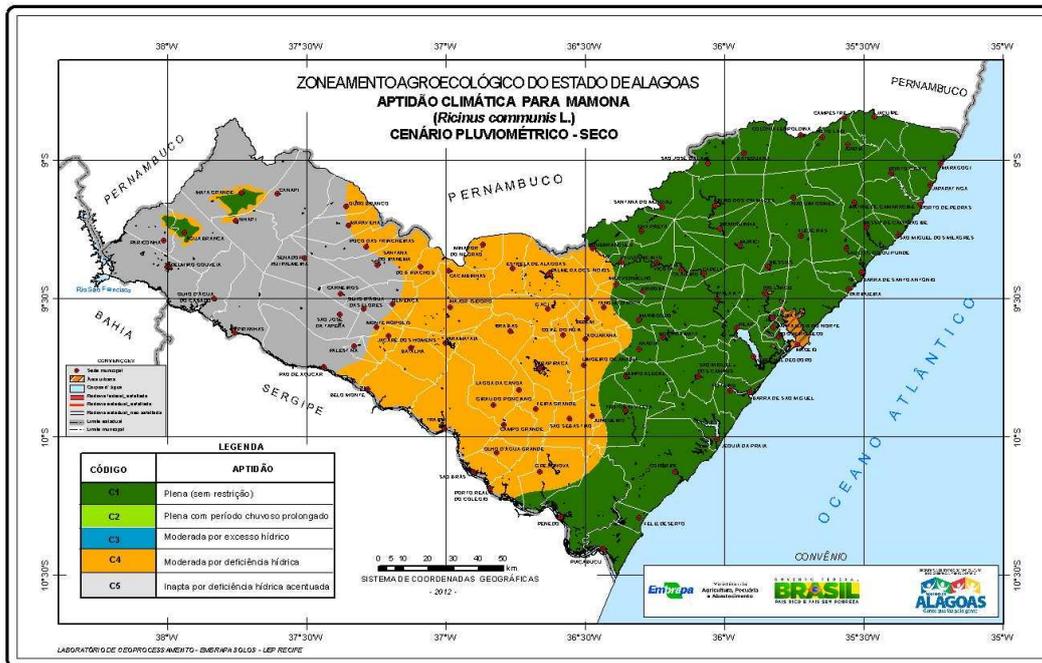


Figura 17. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico seco.

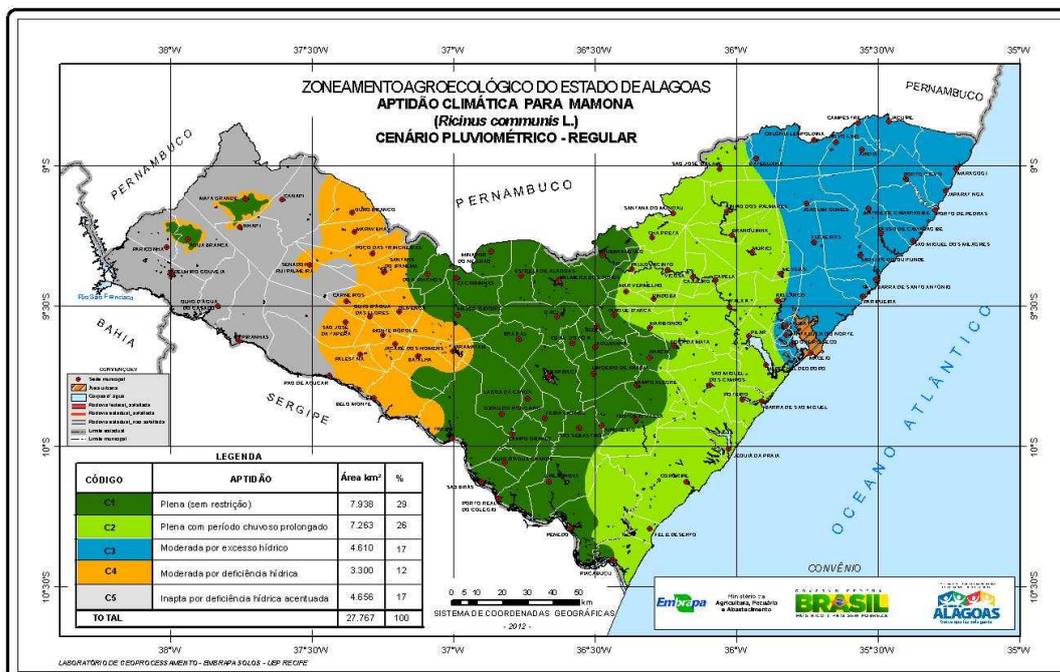
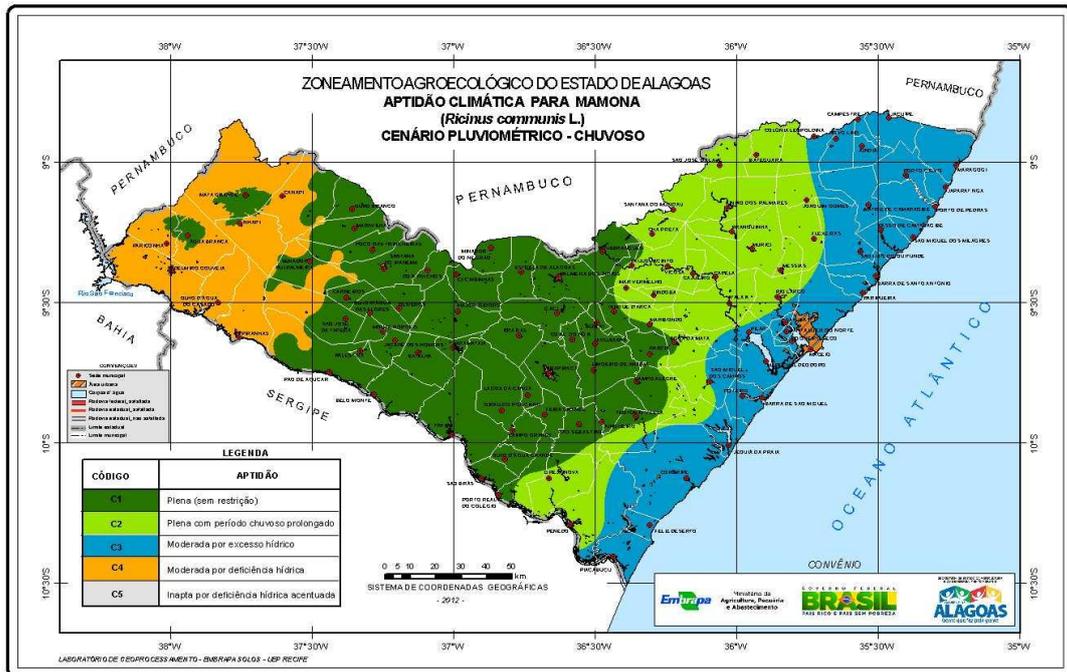


Figura 18. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico regular.



**Figura 19.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico chuvoso.

### 3.6 Cultura da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é oriunda da região tropical, encontrando condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais, sendo cultivada na faixa compreendida entre 30° de latitudes norte e sul, embora a concentração de plantio esteja entre as latitudes 15°N e 15°S. Altitudes que variam desde o nível do mar até 800 m são as mais favoráveis (Souza e Souza, 2000).

A temperatura média do ar ideal situa-se entre os limites de 20°C a 27°C, mas produz bem na faixa de temperatura de 16°C a 38°C. Temperaturas muito baixas retardam a germinação, diminuem a taxa de formação de folhas, o peso seco total e o peso seco de raízes (Souza e Souza, 2000). A temperatura afeta vários processos fisiológicos, sendo a fotossíntese, a respiração e a transpiração os mais comprometidos para o crescimento e desenvolvimento da mandioca (Embrapa, 2003; Cavalcanti Filho, 1999).

A faixa mais adequada de precipitação pluvial para a mandioca está compreendida entre 1.000 mm ano<sup>-1</sup> e 1.500 mm ano<sup>-1</sup>. Em regiões tropicais, a cultura produz em locais com totais pluviométricos anuais de até 4.000 mm ano<sup>-1</sup>, sem estação seca em nenhum período do ano, sendo importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento promove a podridão de raízes. Em regiões semiáridas, com 500 mm a 700 mm de chuva por ano, é necessário adequar a época de plantio ao período chuvoso para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo (Souza e Souza, 2000; Cavalcante, 2005). No caso de ocorrência de deficiência hídrica no solo, a planta pode apresentar estado de dormência, perdendo as folhas completamente, e encurtando os espaços internodais, mas recupera-se nas primeiras chuvas.

A aptidão climática da mandioca no Estado de Alagoas foi classificada considerando dados de médias mensais de temperatura do ar e

de precipitação pluviométrica, obtidos nas diversas estações do Estado. A partir desses dados foram calculados os balanços hídricos climatológicos de localidades buscando cobrir todas as regiões.

No Estado de Alagoas não se observou restrição térmica para a cultura da mandioca, condição semelhante ao período de luminosidade de  $12 \text{ h d}^{-1}$ , uma vez que todo o estado apresenta temperatura média do ar e luminosidade na faixa ótima para o desenvolvimento vegetativo da cultura.

Por se tratar de uma cultura de ciclo vegetativo longo, superior a doze meses, foi considerado apenas o mapa de aptidão climática para anos regulares. Os mapas de aptidão climática para anos secos e chuvosos são apresentados apenas para observar as condições que a cultura pode estar submetida de ano para ano, seja no plantio, no manejo e, ou, na colheita, já que se trata de uma cultura de ciclo superior a 12 meses.

O método de Thornthwaite (Thornthwaite e Mather, 1957) foi utilizado para calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) de cada localidade, considerando-se 125 mm como sendo a capacidade média de armazenamento de água no solo, uma vez que grande parte do sistema radicular da mandioca encontra-se nesta profundidade.

O índice efetivo de umidade (Im), proveniente do balanço hídrico, que sintetiza as exigências da cultura quanto à disponibilidade de água, foi utilizado como um dos critérios de seleção dos ambientes com aptidão climática para a cultura. Além do índice efetivo de umidade, a altitude e a deficiência hídrica anual foram consideradas de forma indireta na avaliação das limitações para o seu cultivo em escala comercial. Os critérios discriminantes de aptidão climática constam na Tabela 10.

**Tabela 10.** Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mandioca

<b>Aptidão climática</b>	<b>Im (-)*</b>
Aptidão Moderada por excesso hídrico - dificuldade de colheita	$Im \geq 40$
Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado	$-10 < Im \leq 40$
Aptidão Plena	$-35 < Im \leq -10$
Aptidão Moderada por deficiência hídrica	$-45 < Im \leq -35$
Inaptidão por deficiência hídrica acentuada	$Im \leq -45$

\*Índice efetivo de umidade

Para os anos regulares estima-se que cerca de 60% do Estado (16.774 km<sup>2</sup>) apresenta condições climáticas plenamente favoráveis; 24% (6.656 km<sup>2</sup>) moderadas por excesso ou deficiência hídrica; e 16% (4.337 km<sup>2</sup>) inaptas por deficiência hídrica severa (Tabela 11).

**Tabela 11.** Quantitativo de classes de aptidão climática, no estado de Alagoas, para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular.

<b>Aptidão climática</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Plena (sem restrição)	14.752	53
Plena com período chuvoso prolongado	2.022	7
Moderada por excesso hídrico	1.771	6
Moderada por deficiência hídrica	4.885	18
Inapta por deficiência hídrica acentuada	4.337	16
Total	27.767	100

No cenário seco, a maior parte do Estado apresenta condições de aptidão moderada ou inaptidão por deficiência hídrica, principalmente nas regiões do Agreste e Sertão. Nesse cenário, somente as regiões mais úmidas, que abrangem parte do Agreste, da Zona da Mata e do Litoral, apresentam condições propícias ao cultivo da mandioca (Figura 20).

No cenário regular, a maior porção do Estado se encontra nas condições plena e moderada por deficiência hídrica e, ou excesso hídrico não acentuado. Na região do Agreste e praticamente toda a Zona da Mata e Litoral Sul predominam áreas com aptidão plena. Apenas o Litoral Norte, próximo ao Estado de Pernambuco, apresenta áreas com aptidão moderada

devido ao excesso hídrico moderado. As áreas de transição entre o Agreste e a região mais seca (Sertão) apresentam condições climáticas moderadas devido à deficiência hídrica. No extremo oeste do Estado observam-se áreas inaptas ao cultivo da mandioca devido à severa escassez hídrica, com exceção dos brejos de altitude de Mata Grande e Água Branca (Figura 21).

No cenário chuvoso ocorre a expansão de áreas climaticamente moderadas por excesso hídrico na Zona da Mata Norte, divisa com o Estado de Pernambuco. A Zona da Mata, o Agreste e a região montanhosa limítrofe com Pernambuco são áreas predominantemente aptas ao cultivo da mandioca. O Sertão apresenta-se, neste cenário, quase inteiramente na faixa climática moderada por pequena deficiência hídrica (Figura 22).

Em todos os cenários pluviométricos, a maior área com risco de insucesso para o plantio da mandioca se encontra a partir dos municípios de Minador do Negrão, Craíbas e Traipu no sentido do extremo oeste do Estado.

Vale salientar que, em muitos casos, a colheita da mandioca é geralmente realizada 14 a 16 meses após o plantio, e dependendo da época, pode incorrer em problemas de colheita devido ao excesso hídrico, principalmente no Litoral Norte e parte da Zona da Mata, onde as condições de relevo contribuem para o acúmulo de umidade.

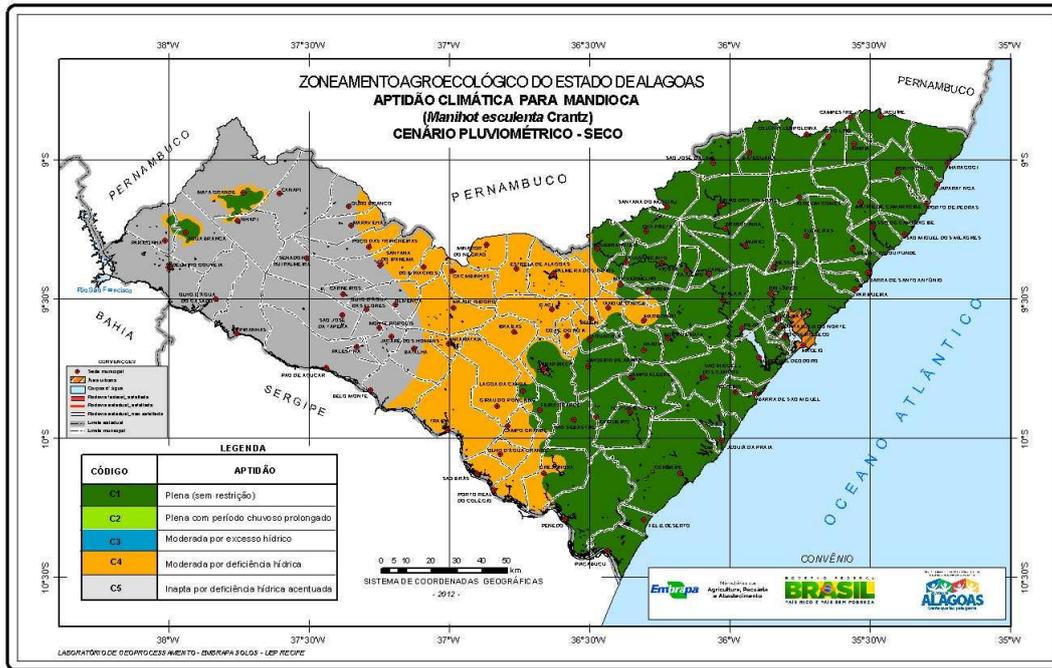


Figura 20. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico seco.

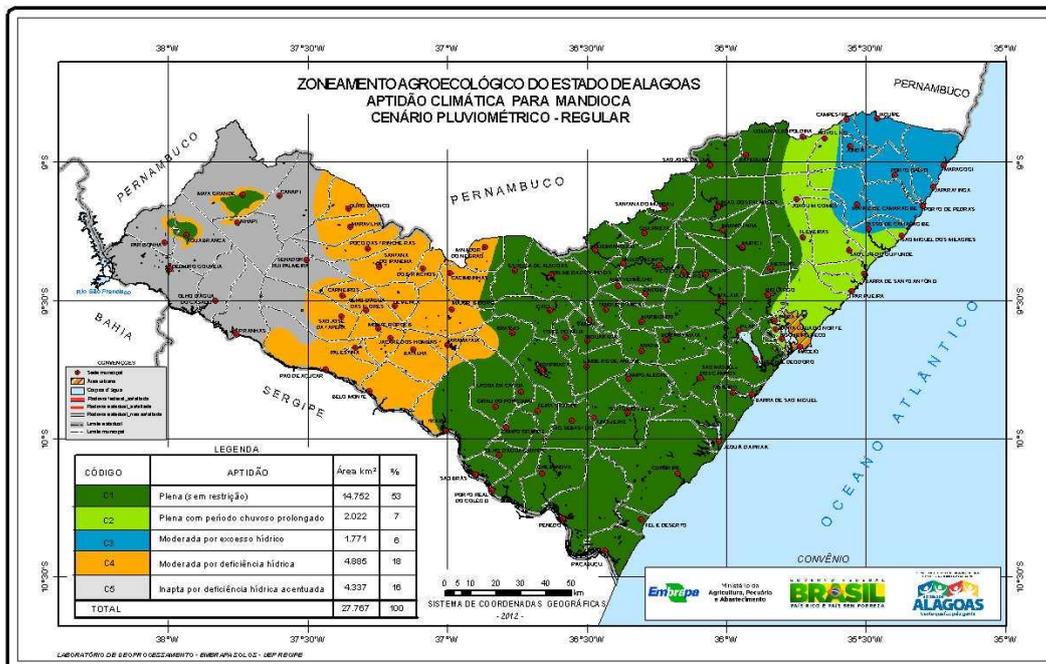
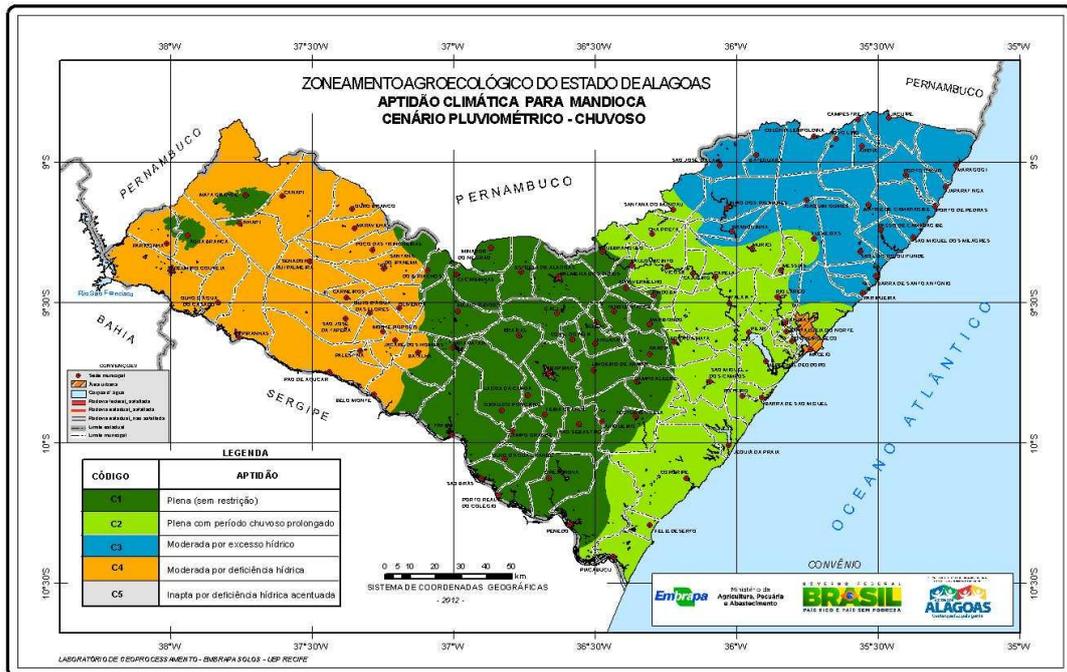


Figura 21. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular.



**Figura 22.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico chuvoso.

### 3.7 Cultura do Milho (*Zea mays* L.)

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta pouca tolerância à falta de água. Cultivado em diversos sistemas produtivos, o milho é plantado principalmente nas regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No Nordeste do Brasil os rendimentos da cultura são muito baixos, cultivado por pequenos agricultores que utilizam pouco ou nenhum recurso tecnológico. Entretanto, apesar dos baixos rendimentos, o milho é um cereal tradicional e apresenta aspectos culturais e históricos na região (Embrapa, 2012).

Pela continentalidade do Brasil, observa-se que os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam com a região. Nas regiões temperadas e subtropicais, a maior limitação se deve à temperatura do ar e a radiação solar. No Nordeste destacam-se a precipitação, a temperatura e a evapotranspiração da cultura. A radiação solar, a precipitação e a temperatura são os fatores de maior influência no desenvolvimento do milho, afetam as atividades fisiológicas que interferem diretamente na produção de grãos e de matéria seca (Embrapa, 1996, 2012).

A temperatura do ar ideal está entre 25°C e 30°C. Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 35°C prejudicam o desenvolvimento da cultura. Temperaturas do ar superiores a 35°C provocam a diminuição da atividade da redutase do nitrato, causando queda de rendimento e da composição proteica do grão, temperaturas superiores a 33°C durante a polinização reduz sensivelmente a germinação do grão de pólen; e temperaturas noturnas superiores a 24°C proporcionam um aumento da respiração, de tal forma que a taxa de fotossíntese diminui e, com isso, reduz a produção (Sans et al., 1992; Taiz e Zaiger, 2000).

O milho é cultivado em regiões com precipitação de 400 mm anuais, caso do semiárido nordestino, com baixíssimos rendimentos, a valores superiores a 1.500 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida

pelo milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm a 800 mm (Aldrich et al., 1982), consistindo em uma das culturas mais afetadas pela variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica.

A produção de grãos é drasticamente afetada por períodos curtos de estiagem (veranicos), principalmente quando ocorre nas fases críticas do estágio de desenvolvimento da cultura, do pendoamento a fase de enchimento de grãos. Portanto, conhecer os períodos de escassez hídrica consecutivos é fundamental na delimitação das áreas com aptidão climática para a cultura (Embrapa, 2012).

A cultura está entre as de maior consumo de água. A deficiência hídrica na planta é quase diária, em função da alta demanda evaporativa da atmosfera, notadamente nas regiões tropicais, onde as taxas de transpiração são elevadas. Nos dias mais quentes, a planta perde mais água do que consegue absorver, mesmo em condições de disponibilidade de água no solo. A escassez hídrica na planta afeta todos os processos relacionados com seu desenvolvimento (Taiz e Zaiger, 2000).

Os critérios discriminantes utilizados para caracterizar os diferentes graus de aptidão climática para o cultivo do milho consideraram os aspectos citados e após diversas tentativas, a partir do balanço hídrico climatológico mensal, todas acompanhando, mês a mês, do plantio à colheita, foram obtidas as condições de deficiência e excedente hídrico no desenvolvimento da cultura (Varejão Silva e Barros, 2001).

Para o zoneamento da cultura do milho foram adotados os parâmetros indicados abaixo, relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) do ciclo vegetativo (tomado como 120 dias). Foram usados os seguintes índices:  $j = 1, 2$  e  $3$  (cumulativo), para designar todos 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. Considerou-se 100 mm como a capacidade de armazenamento de água pelo solo mais favorável ao presente estudo.

Aptidão Moderada por excesso hídrico: se a soma do excedente hídrico for igual ou superior a 400 mm ( $\sum EXC_j \geq 400$  mm) ou, alternativamente, se em qualquer mês for igual ou exceder a 200 mm ( $EXC_i \geq 200$  mm) caracteriza-se ambiente com água em demasia para a cultura;

Aptidão Plena, com possibilidade de período chuvoso ser muito longo, caracterizando pequeno excesso hídrico ( $P_4/EP_4 \geq 1$ ), podendo prejudicar a secagem dos grãos e a colheita (4º mês após o plantio);

Aptidão Plena ( $\sum EXC_j < 400$  mm;  $EXC_i < 200$  mm;  $DEF_i < 5$  mm;  $DEF_k = 0$  e  $P_4/EP_4 < 1$ ), sem limitações climáticas apreciáveis;

Aptidão Moderada por deficiência hídrica, quando em um mês qualquer a deficiência for inferior a 5 mm ( $DEF_i < 5$  mm), nos demais inferior a 10 mm ( $DEF_k < 10$  mm), tendo o 4º mês relativamente seco ( $P_4/EP_4 < 1$ ) e/ou, quando em um mês qualquer a deficiência for inferior a 5 mm ( $DEF_i < 5$  mm), nos demais inferior a 20 mm ( $DEF_k < 20$  mm), tendo o 4º mês relativamente seco ( $P_4/EP_4 < 1$ ); e

Inaptidão climática por insuficiência hídrica, quando a deficiência hídrica for igual ou superior a 20 mm em dois ou mais meses do ciclo ( $DEF_i \geq 5$  mm e  $DEF_k \geq 20$  mm).

Em alguns locais da mesorregião do Leste Alagoano, que compreende a Zona da Mata, o período chuvoso é demasiadamente longo e o ciclo vegetativo da cultura pode apresentar problemas devido ao encharcamento do solo, de modo que a colheita, o armazenamento e a secagem de grãos podem ser prejudicados. Nessas condições, mesmo que o plantio seja realizado tardiamente para assegurar alguns meses secos na colheita e na secagem dos grãos, não há como oferecer ao agricultor a indicação da melhor época de plantio. Por isso, no zoneamento de aptidão climática as

áreas classificadas como moderada e plena por excesso de umidade refletem a condição desfavorável de um período seco para colheita.

Em anos secos apenas 17% (4.784 km<sup>2</sup>) do Estado apresenta condição climática plena para o cultivo de milho; 42% (11.586 km<sup>2</sup>) em anos regulares e 49% (13.574 km<sup>2</sup>) nos anos chuvosos (Tabela 12).

Nos anos secos 74% (20.757 km<sup>2</sup>) do Estado apresenta alto risco para o plantio de milho, com aptidão inapta e aptidão moderada por deficiência hídrica. Nos anos chuvosos, esse número cai diminui para aproximadamente 20% (5.592 km<sup>2</sup>).

No cenário seco as possibilidades climáticas para o cultivo do milho são muito reduzidas devido à escassez hídrica. No Sertão, e parte do Agreste limítrofe com o Sertão, a aptidão climática restringe-se de inapta a moderada devido à deficiência hídrica. Apenas parte dos municípios de Mata Grande e Água Branca oferecem condições para o cultivo. O Litoral e Zona da Mata apresentam condições ao cultivo. Na faixa litorânea, notadamente ao norte do Estado, na divisa com Pernambuco, predomina ainda, uma pequena faixa com excesso hídrico que se prolonga até o município de Maceió. As demais áreas do Leste apresentam condições plenas ao cultivo do milho, porém com possibilidade de um período chuvoso que pode se estender além do ciclo da cultura, podendo prejudicar a maturação e a secagem dos grãos (Figura 23).

No cenário pluviométrico regular, o mais frequente, grande parte do Estado não reúne as melhores condições climáticas para o cultivo do milho. O Sertão apresenta aptidão climática moderada ou inapta por deficiência hídrica, exceto as áreas circunvizinhas com altitudes elevadas nos municípios de Água Branca e Mata Grande, que apresentam aptidão apta e/ou moderada. No Litoral e na Zona da Mata predominam áreas com probabilidade de ocorrer excesso hídrico para o cultivo do milho, porém com menor intensidade que as observadas no cenário chuvoso. Esta área se

prolonga desde o Litoral Norte até os municípios de São José da Laje, Boca da Mata e Penedo (Figura 24).

O Agreste possui as melhores condições para o cultivo do milho no cenário regular, isso em função da penetração das brisas terrestres e marítimas, que influenciam as chuvas na porção Leste e das elevações das encostas do Planalto da Borborema, principalmente nas regiões de transição com a Zona da Mata, na direção Norte-Sul, de Palmeira dos Índios a Olho d'Água Grande (Figura 24).

No cenário chuvoso todo o Litoral e parte da Zona da Mata apresentam condições climáticas desfavoráveis para o cultivo do milho, por excesso de chuva ou por um período chuvoso muito longo. No entanto, praticamente toda região do Agreste, a partir do município de Anadia, estendendo-se até o limite com os municípios de Poço das Trincheiras e São José da Tapera, apresenta aptidão climática plena ao cultivo do milho. No extremo oeste do Estado, mesmo no cenário chuvoso, o cultivo do milho é inapto, principalmente entre os municípios de Piranhas, Pão de Açúcar e Delmiro Gouveia, localizadas na calha do rio São Francisco (Figura 25).

**Tabela 12.** Quantitativo das classes de aptidão climática, no Estado de Alagoas, para cultura do milho nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.

Aptidão climática	Cenário pluviométrico					
	Seco km <sup>2</sup>	%	Regular km <sup>2</sup>	%	Chuvoso km <sup>2</sup>	%
Plena (sem restrição)	3.642	13	7.742	28	8.262	30
Plena com período chuvoso prolongado	1.142	4	3.844	14	5.312	19
Moderada por excesso hídrico	2.468	9	5.761	21	8.601	31
Moderada por deficiência hídrica	11.289	41	5.910	21	2.264	8
Inapta por deficiência hídrica acentuada	9.226	33	4.510	16	3.328	12
<b>Total</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>

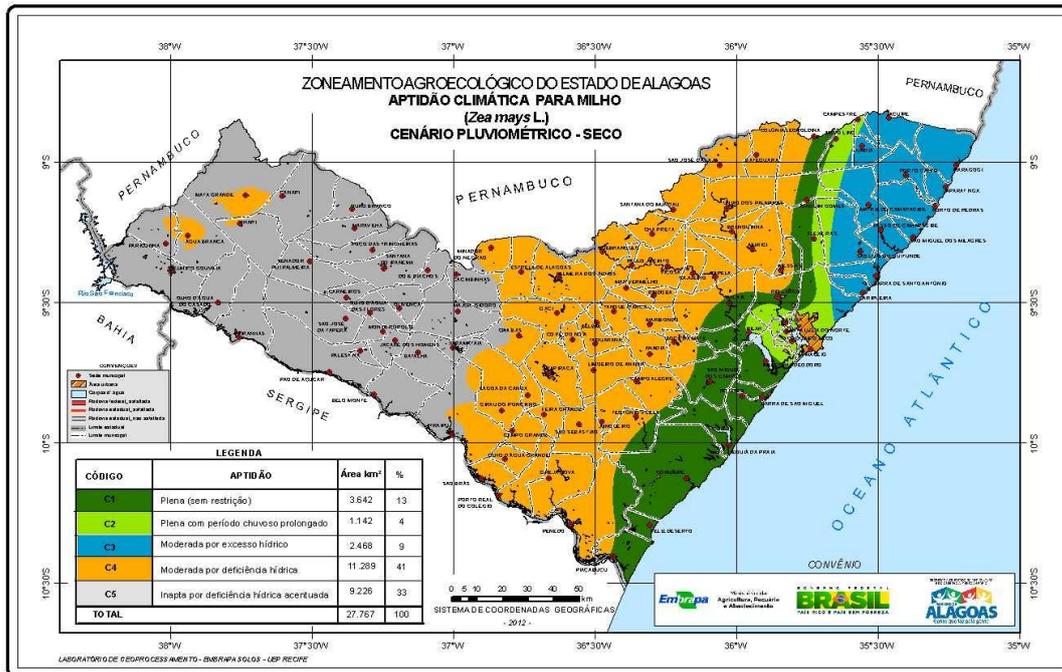


Figura 23. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico seco.

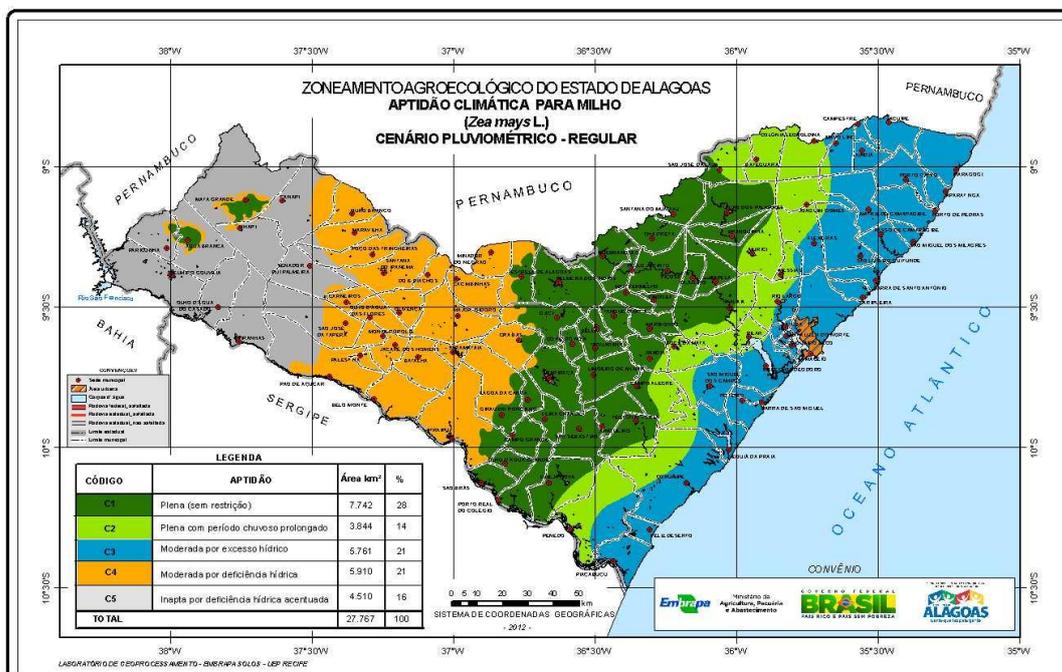
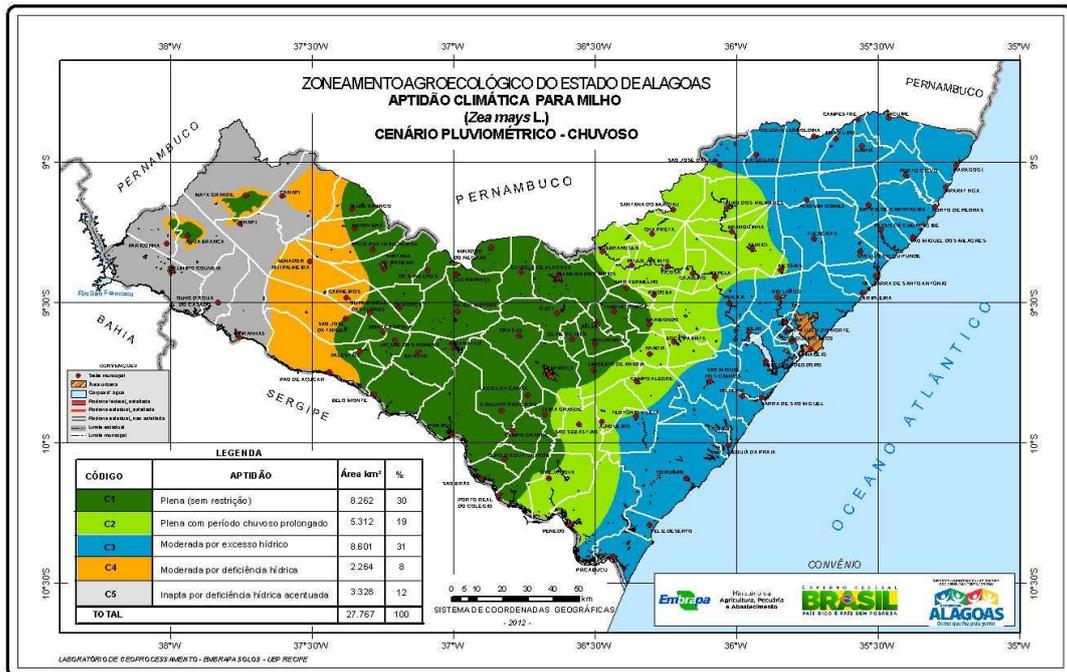


Figura 24. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico regular.



**Figura 25.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico chuvoso.

### **3.8 Cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor*)**

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma planta de origem tropical, bem adaptada a regiões áridas e semiáridas, exigindo clima quente para poder expressar o seu potencial produtivo. A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil. Em Alagoas as principais regiões produtoras localizam-se no Agreste e no Sertão (Tabosa et al., 2002; Embrapa, 2012) .

Nos 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 mm a 400 mm 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., 2008; Embrapa, 2012).

A temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura varia conforme a cultivar considerada. De modo geral, temperaturas do ar superiores a 38°C ou inferiores a 16°C limitam o desenvolvimento da maioria das cultivares. Um aumento de 5°C em relação à temperatura ótima noturna pode implicar em uma redução de até 33% da produtividade, uma vez que ocorre o aumento da taxa de respiração noturna. A cada 1°C de aumento da temperatura noturna, a respiração aumenta em torno de 14%.

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 conseqüente perda d'água. Assim, o aumento da intensidade luminosa implica em maior produtividade, sempre que as demais condições sejam favoráveis (Embrapa, 2012).

Para delimitar as áreas com aptidão climática da cultura do sorgo, foram realizadas 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 adiante, relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) do ciclo vegetativo (tomado como 120 dias). As informações podem ser interpretadas com o objetivo de produzir grãos ou forragem (feno). Em ambos os casos, as exigências climáticas da planta, durante o ciclo vegetativo, são as mesmas (Varejão-Silva e Barros, 2001).

Para designar todos os três meses iniciais do ciclo foram usados os seguintes índices:  $j = 1, 2$  e  $3$  (cumulativo); 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  $4$ . Considerou-se  $100$  mm como a capacidade de armazenamento de água pelo solo mais favorável ao presente estudo. Utilizaram-se os seguintes critérios discriminantes:

Aptidão Moderada por excesso hídrico, se a soma do excedente hídrico durante todo o ciclo da cultura ( $j = 1, 2, 3, 4$  meses) for igual ou superior a  $300$  mm ( $\sum EXC_j \geq 300$  mm) ou, alternativamente, se em qualquer mês ( $i$ ) for igual ou exceder a  $200$  mm ( $EXC_i \geq 200$  mm), caracteriza-se ambiente com água em demasia para a cultura);

Aptidão plena, mas com pequeno excesso hídrico no final do ciclo ( $P_4/EP_4 \geq 1$ ), podendo prejudicar a secagem dos grãos ou a silagem;

Aptidão Plena ( $0 \leq \sum EXC_i < 200$  mm;  $DEF_i < 10$  mm e  $P_4/EP_4 < 1$ ), sem limitações climáticas apreciáveis;

Aptidão Moderada por pequena carência hídrica, quando a deficiência mensal for inferior a 20 mm ( $DEF_i < 20$  mm) em todo o ciclo, tendo o 4º mês relativamente seco ( $P_4/EP_4 < 1$ ), ou carência hídrica, quando a deficiência hídrica for inferior a 20 mm no primeiro mês ( $DEF_1 < 20$  mm), e 40 mm nos demais ( $DEF_{2,3} < 40$  mm), tendo o 4º mês relativamente seco ( $P_4/EP_4 < 1$ );

Inaptidão climática por insuficiência hídrica, quando a deficiência hídrica for igual ou superior a 20 mm no primeiro mês do ciclo ou superior a 40 mm em quaisquer dos demais meses ( $DEF_1 \geq 20$  e  $DEF_{2,3} \geq 40$  mm).

Os quantitativos das áreas com aptidão climática nos três cenários pluviométricos para a cultura do sorgo, no Estado de Alagoas, são apresentados na Tabela 13.

No cenário seco 63% (17.426 km<sup>2</sup>) do Estado apresenta aptidão plena; 22% (6.122 km<sup>2</sup>) aptidão moderada, por deficiência hídrica; e 15% (4.219 km<sup>2</sup>) inapta, evidenciando que a cultura do sorgo é resistente a deficiência hídrica, mesmo nos anos considerados secos.

**Tabela 13.** Quantitativo das classes de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.

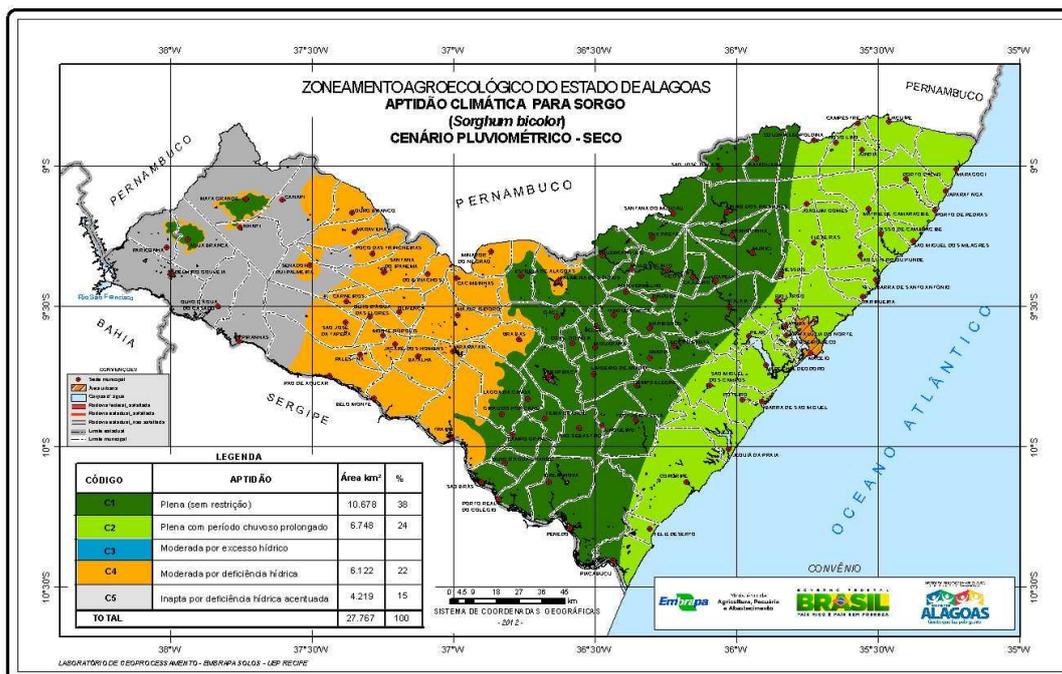
Aptidão climática	Cenário pluviométrico					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Plena (sem restrição)	10.678	38	15.605	56	11.910	43
Plena com período chuvoso prolongado	6.748	24	4.085	15	7.056	25
Moderada por excesso hídrico	0	0	4.552	16	6.438	23
Moderada por deficiência hídrica	6.122	22	3.525	13	2.363	9
Inapta por deficiência hídrica acentuada	4.219	15	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>	<b>27.767</b>	<b>100</b>

No cenário seco a área propícia ao desenvolvimento do sorgo no Estado de Alagoas se concentra em parte da região do Agreste (úmido) e da Zona da Mata, esta última com áreas apresentando moderado excesso hídrico, podendo prejudicar a colheita. As áreas plenas, sem restrições climáticas a cultura, encontram-se a partir dos municípios de Colônia Leopoldina no sentido de Boca da Mata até Penedo, podendo se estender no sentido do Agreste, onde se encontram remanescentes da floresta caducifólia, nos municípios de Minador Negrão, Craíbas e Traipu. A partir desses municípios, observa-se aptidão moderada até os municípios de Senador Rui Palmeira, Ouro Branco e parte de Palestina. No cenário seco verificam-se inaptidão por deficiência hídrica nos municípios de Pariconha, Piranhas, Delmiro Golveia, Pão de Açúcar, Olho d'Água do Casado, Canapi e Inhapi (Figura 26).

Nos cenários pluviométricos regulares e chuvosos 71% (19.690 km<sup>2</sup>) do Estado encontra-se sob condição climática plena ao cultivo do sorgo, sem nenhuma restrição climática. Nesses dois cenários não há áreas consideradas impróprias (inaptas). Por outro lado, a cultura pode apresentar problemas devido ao excesso hídrico nas regiões da Zona da Mata e Litoral do Estado, principalmente no cenário chuvoso, quando as áreas próximas ao Litoral podem se mostrar demasiadamente úmidas. Neste cenário cerca de 50% (13.494 km<sup>2</sup>) do Estado pode apresentar problemas devido ao excesso hídrico (Tabela 13).

No cenário regular a região de aptidão climática plena se expande para a região oeste do Estado, alcançando áreas limítrofes com os municípios de Senador Rui Palmeira, Piranhas e Canapi. No Litoral e Mata, parte da região pode apresentar condições pouco favoráveis devido ao excesso hídrico. Neste cenário observa-se aptidão moderada por deficiência hídrica nas áreas com forte domínio de caatinga hiperxerófila, nos arredores dos municípios de Piranhas, Delmiro Golveia e Pão de Açúcar (Figura 27).

No cenário chuvoso aumentam as áreas que podem apresentar problemas devido ao excesso de umidade, desde o Litoral até o Agreste, entre os municípios de Palmeira dos Índios, Junqueiro e Porto Real do Colégio. A partir destes municípios, praticamente o restante do Estado apresenta condições plenas, sem restrições climáticas ao cultivo do sorgo, apenas algumas áreas no extremo oeste do Estado apresentam condições moderadas devido à deficiência hídrica (Figura 28).



**Figura 26.** Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico seco.

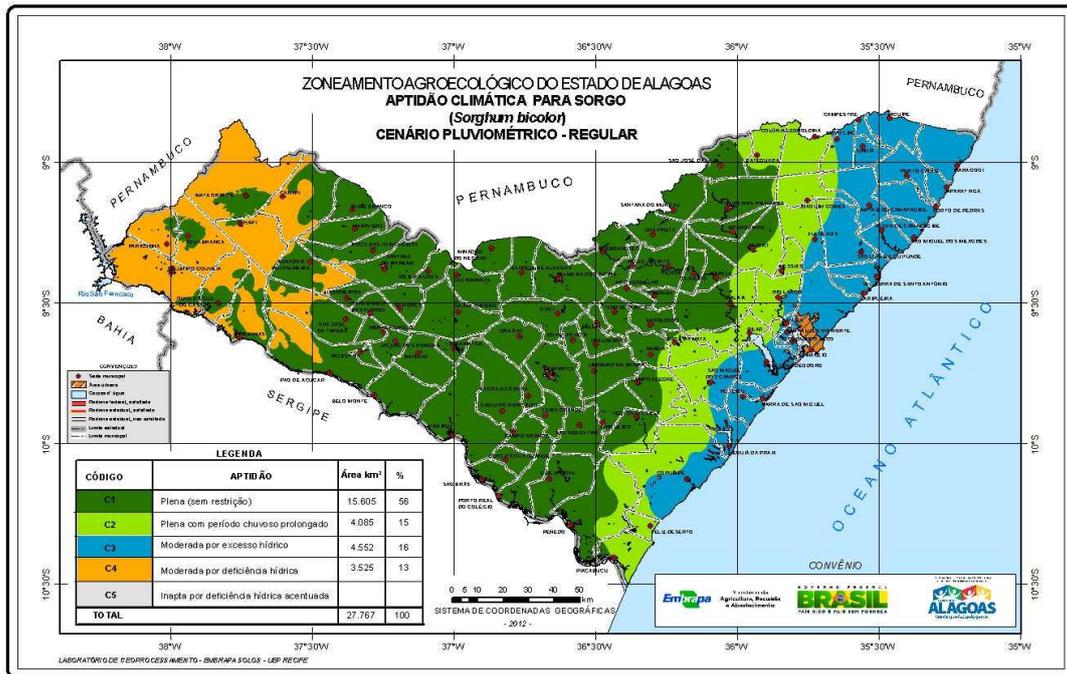


Figura 27. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico regular.

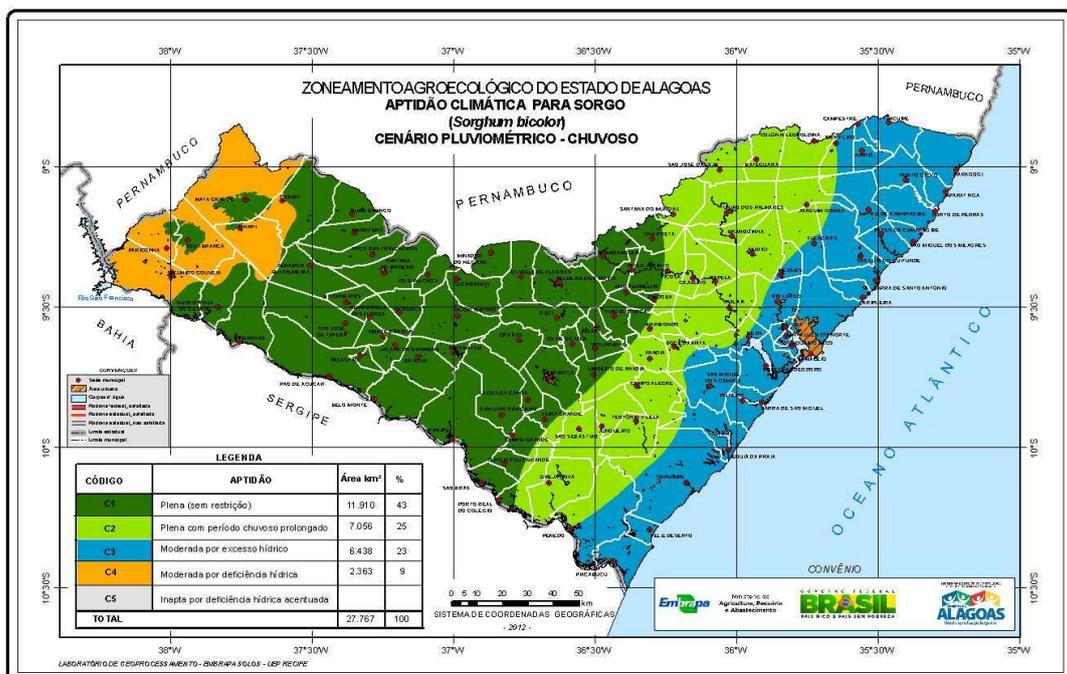


Figura 28. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico chuvoso.

#### 4. Referências

Aguiar, M. de J.N.; Cavalcante, A. C.; Brito, J. I. B.de; Varejão-Silva, M.A.; Costa, C.A.R.da; Luz, L.R.Q.P.da.; Silva, F.B.R.; Barros, A.H.C.; Silva, D.F.da; Silva, E.D.V.; Pereira, R.C. Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no Estado do Maranhão: Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa Solos UEP Recife, 2000. 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 38).

Amaral, J. A. B.; Silva, M.T. Zoneamento Agrícola do Algodão Herbáceo no Nordeste Brasileiro Safra 2005/2006. Estado de Pernambuco.

Amorim Neto, M. S; Beltrão N. E. M. Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica. Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, Comunicado Técnico, 34, 17p. 1992.

Andrade Neto, J. C. de. Competitividade na pequena produção agroindustrial: estudo na agroindústria da castanha do caju. 2006. 78 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção)– Universidade Federal do Rio Grande do Norte , Natal, RN.

Anjos e Silva, S. D. dos. Avaliação de cultivares de mamona em Pelotas – RS, Safra 2003/04. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

Araújo Filho, J. C. de; Burgos, N.; Lopes, O. F.; Silva, F. H. B. B. da; Medeiros, L. A. R.; Mélo Filho, H. F. R. de; Parahyba, R. B. V.; Cavalcanti, A. C.; Oliveira Neto, M. B. de; Silva, F. B. R. e; Leite, A. P.; Santos, J. C. P. dos; Sousa Neto, N. C.; Silva, A. B. da; Luz, L. R. Q. P. da; Lima, P. C.; Reis, R. M. G.; Barros, A. H. C. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas. Recife: Embrapa Solos UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 252 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11). 1 CD-ROM.

ARCGIS Desktop Help. Understanding Overlay Analysis e How Weighted Sum works. ArcGis ver. 9.3, ESRI Corporation, 2008.104p.

Azevedo, P. V. de; Maciel, G. F. Estação de cultivo e época de semeadura para o algodão herbáceo na região de Sousa-PB. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria-RS, v. 1, n. 1, p. 81-85, 1993.

Barbosa, T. F. Intrusão de vortacidade potencial na alta troposfera sobre o atlântico tropical sul e sua relação com a precipitação no NE do Brasil. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, INPE-14170-TDI/1087, São José dos Campos, SP. 2006. Bastos, 2012 - Agencia da Informação - Feijão Caupi. [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01\\_33\\_510200683536.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_33_510200683536.html). Acesso em 23/11/1012.

Beltrão, 2001 – Algodão - Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 32, n. 2 p. 252-273, abr-jun. 2001

Beltrão, N. E. de M. Azevedo, D. M. P. de; Cardoso, G. D.; Vale, L. S. do.; Albuquerque, W. G. de. Ecofisiologia do algodoeiro. In: Beltrão, N. E. de M. Azevedo, D. M. P. de. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2 v. 2008. 1.309p.

Brasil. Ministério da Agricultura. Zoneamento agrícola de risco climático. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>. Data de acesso: 10 de abril de 2012.

Camargo, A. P.; Alfonsi, R. R., Pinto, H. S.; Chiarini, J. V. Zoneamento de aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: IV Simpósio sobre o Cerrado: bases para a utilização agropecuária. Anais... Coord. MG. Ferri, Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, São Paulo, EDUSP, 1977, p.89-105

Camargo, A.; Paes D. E; Alfonsi, R. R.; Pinto, S. H.; Chiarini, J. V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em zonas do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 5., 1977, São Paulo. Anais... São Paulo: Itatiaia, 1977. p. 81-120.

Cardoso, M. J.; Freire Filho, F. R.; Ribeiro, V.Q.; Frota, A. B.; Melo, D. de B. Arranjo populacional no consórcio milho x feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em regime de sequeiro. Revista Ceres, Viçosa, v.41, n.233, p.19-27,1994

Cavalcanti, I.A.F. Um estudo sobre as interações entre circulações locais e circulações de grande escala. INPE, 1982.

Cerqueira, L. S. Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude. 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2008.

Crisóstomo, L. A Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação. e na irrigação. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 19p.

DRA. Tabelas Climatológicas (Vol. 1. Diretoria de Rotas Aéreas). Ministério da Aeronáutica. Rio de Janeiro, 1967. 29p.

Ellis, J.; Valença, A. S. Desvio padrão da temperatura média mensal no Brasil. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 1982. 75 p. (INM. Boletim Técnica, 22).

Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 5. ISSN 1679-8869. Versão eletrônica, Dez/2005. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/clima.htm>

Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de Produção, 13ISSN 1678-8796. Versão eletrônica Jan/2003. Cultivo da Mandioca para a Região Semi-Árida em [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_semiarido/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_semiarido/index.htm)

Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1678-8818. Versão eletrônica, Jan/2003. Cultivo de Feijão-Caupi em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/clima1.htm>. Acesso em 23/11/2012.

Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1. ISSN 1679-012X. Versão eletrônica jan/2000. Cultivo do Milho em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/referencias.htm>

Embrapa. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa Técnico 35. brasil. SUDENE, DRN. Divisão de recursos Naturais, 5. Recife,1975.

Embrapa. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. ArcGis Desktop Help. Understanding Overlay Analysis e How Weighted Sum works. ArcGis ver. 9.3, 2011.104p.

Freire Filho, F. R.; Ribeiro, V. Q.; Santos, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: Cardoso, M. J. (Org.). A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

Hargreaves, G.H. Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil. Logan: Utah State University, 1973. 423p.

Laca-Buendia, J. P.; Oliveira, P. de; Pires, G. A. D.; Silva Filho, P. V. Estudo de época de plantio x cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) nas principais regiões algodoeiras de Minas Gerais. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto Algodão, Relatório 1980/92. p. 594 - 596, 1997.

Leite, M.L.; Rodrigues, J.D.; Virgens Filho, J.S. Avaliação de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. Revista de Agricultura, v.72, n.3, p.375-385, 1997.

Mário Lacerda de Melo. Estudos dos espaços Nordestinos do sistema gado-policultura de uso dos recursos. Série Estudos Regionais, Recife, 1980, SUDENE, 554p.

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.

Molion, L.C.B.; Bernardo, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira Meteorologia, 17(1)1-10, 2002.

Mosiño, P.A. The variability of rainfall in Mexico and its determination by means of gamma distribution. Geografiska Annaler, v.63, n.1/2, p.1-10, 1981.

Nobre, C. A.; Molion, L.C.B. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Climanálise – Número Especial, Edição Comemorativa de 10 anos, 1986, INPE. São José dos Campos, SP. 125 p.

Oliveira, M.I.P. de, Beltrão, N.E.M., Lucena, A.M.A. de, Silva, G.A. Fatores que podem influenciar o crescimento e desenvolvimento da mamoneira. in: III Congresso Brasileiro de Mamona, 2008, Salvador - BA

Rodrigues, J. D. Apostila Fisiologia Da Cana-de-Açúcar. Universidade Estadual Paulista - UNESP - Botucatu, 101p. Botucatu - SP- 1995

SANS, L. M. A. & SANTOS, N. C. Resposta de cultivares de milho a variações climáticas. Cong. Nac. de Milho e Sorgo, 19. Porto Alegre, RS. 1992

Santos, D., Silva, Vicente de P. R. da, Sousa, F. A. S., Silva, R.A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.5, p.492-500, 2010 Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG.

Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário Palma e sorgo forrageiro. Disponível em <http://www.agricultura.al.gov.br/programas/palma-e-sorgo-forrageiro>. Data de acesso: 10 de março de 2012.

Silva, B. B.; Ferreira, M. A. F.; Silva, V. P. R.; Ferreira, R. C. Desempenho de modelo climático aplicado à precipitação pluvial do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v.14, n.4, p. 387-395, 2010.

Silveira, C. da S.; Costa, A. A.; Coutinho, M. M.; Souza Filho, F. A.; Vasconcelos Júnior, F.C.; Noronha, A.W. Verificação das previsões de tempo para precipitação usando ensemble regional para o estado do Ceará em 2009. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.4, p. 609-618, 2011.

Steenkamp, C. J.; Kock, H. de. Cost of production: Short season vs conventional cotton. In: International Cotton Advisory Committee: Short season cotton: how far can it go? Tashkent, Uzbekistan, Technical Seminar at the 55th Plenary Meeting of the ICAC, p. 25 - 27, 1996.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Estado de Alagoas. Recife, 1990. 116p. (SUDENE. Série Pluviométrica, 7).

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, n.2, p.47-58, 2002.

Tabosa, J.N.; Tavares, J.A.; Reis, O.V. dos; Simplício, J.B.; Lima, J.M.P. de; Carvalho, H.W.L. de; Nascimento, M.M.A. do. Potencial do Sorgo Granífero em Pernambuco e no Rio Grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28., 2008, Londrina, PR. Anais. Londrina: ABMS, 2008. CD Rom.

Thon, H. S. C. A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Review* v.86, n.4, p.117-121, 1951.

Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311p. *Publications in Climatology*, v.10, n.3.

Toppa, E. V. B., Jadoski, C. J., Julianetti, A., Hulshof, T, Ono. E.O., Rodrigues, J.D. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.3 n.3 Set.- Dez. 2010.

Varejão-Silva M. A. *Meteorologia e climatologia*. Brasília: INMET, 2001. 515p

Varejão-Silva, M.A.; Barros, A.H.C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Recife: governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, 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. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco, Recife, PE, 2002, 51p.

## **ANEXOS**

**Anexo 1 - Relação dos postos termo-pluviométricos utilizados nos estudos de aptidão climática de culturas agrícolas para o Estado de Alagoas.**

Nº	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	LAT	LON	ALT
1	ÁGUA BRANCA	ÁGUA BRANCA	9.15 S	37.55 W	510
2	ÁGUA BRANCA	ÁGUA BRANCA	9.17 S	37.56 W	510
3	ANADIA	CANUDOS	9.35 S	36.29 W	372
4	ANADIA	ANADIA	9.41 S	36.19 W	105
5	ARAPIRACA	ARAPIRACA	9.45 S	36.39 W	264
6	ARAPIRACA	CRAÍBAS	9.37 S	36.47 W	230
7	ATALAIA	PORANGABA	9.33 S	36.08 W	60
8	ATALAIA	ATALAIA	9.31 S	36.01 W	54
9	BATALHA	BATALHA	9.4 S	37.08 W	120
10	BOCA DA MATA	VARRELA FZ	9.42 S	36.03 W	100
11	CACIMBINHAS	CACIMBINHAS	9.24 S	37 W	300
12	CANAPI	CAPIA DA IGREJINHA	9.11 S	37.26 W	280
13	CAPELA	CAPELA	9.26 S	36.05 W	34
14	CAPELA	STA. EFIGÊNIA	9.18 S	36.08 W	170
15	COLÔNIA LEOPOLDINA	COLÔNIA LEOPOLDINA	8.55 S	35.43 W	166
16	CORURIFE	CORURIFE	10.08 S	36.1 W	10
17	CORURIFE	COLONIA PINDORAMA	10.07 S	36.24 W	110
18	CORURIFE	CORURIFE	10.07 S	36.1 W	10
19	DELMIRO GOUVEIA	DELMIRO GOUVEIA	9.23 S	37.59 W	256
20	FLECHEIRAS	FLECHEIRAS	9.17 S	35.43 W	70
21	IBATEGUARA	IBATEGUARA	8.59 S	35.56 W	505
22	IGACI	IGACI	9.33 S	36.38 W	240
23	IGREJA NOVA	IGREJA NOVA	10.07 S	36.39 W	17
24	JUNQUEIRO	JUNQUEIRO	9.56 S	36.29 W	120
25	LAGOA DA CANOA	LAGOA DA CANOA	9.5 S	36.44 W	235
26	LIMOEIRO DE ANADIA	LIMOEIRO DE ANADIA	9.45 S	36.3 W	150
27	MACEIÓ	MACEIÓ BEBEDOURO	9.08 S	35.45 W	80
28	MACEIÓ	MACEIÓ	9.39 S	35.43 W	30
29	MACEIÓ	SAÚDE	9.32 S	35.38 W	10
30	MAJOR ISIDORO	MAJOR ISIDORO	9.32 S	36.59 W	217
31	MAR VERMELHO	MAR VERMELHO	9.27 S	36.23 W	620
32	MARAGOGI	MARAGOGI	9.01 S	35.14 W	5
33	MATA GRANDE	MATA GRANDE	9.08 S	37.44 W	633
34	MATRIZ DE CAMARAGIBE	MATRIZ DE CAMARAGIBE	9.1 S	35.31 W	16
35	MURICI	MURICI	9.19 S	35.56 W	82
36	OLHO D'ÁGUA DAS FLORES	OLHO D'ÁGUA DAS FLORES	9.32 S	37.17 W	286
37	OLHO D'ÁGUA DO CASADO	OLHO D'ÁGUA DO CASADO	9.31 S	37.51 W	209
38	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	9.25 S	36.39 W	342
39	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	9.24 S	36.39 W	342
40	PALMEIRAS DOS ÍNDIOS	MINADOR DO NEGRÃO	9.19 S	36.52 W	395

41	PÃO DE AÇÚCAR	PÃO DE AÇÚCAR	9.43 S	37.25 W	45
42	PÃO DE AÇÚCAR	PAO DE AÇÚCAR	9.44 S	37.26 W	45
43	PASSO DE CAMARAGIBE	BOA ESCOLHA FZ	9.08 S	35.44 W	198
44	PASSO DO CAMARAGIBE	PASSO DO CAMARAGIBE	9.14 S	35.29 W	90
45	PENEDO	PENEDO	10.17 S	36.35 W	28
46	PENEDO	PENEDO	10.16 S	36.34 W	28
47	PIAÇABUÇU	PIAÇABUÇU	10.26 S	36.25 W	10
48	PIAÇABUÇU	PIAÇABUÇU	10.25 S	36.25 W	10
49	PILAR	PILAR	9.36 S	35.57 W	5
50	PINDOBA	PINDOBA	9.27 S	36.12 W	190
51	PIRANHAS	PIRANHAS	9.37 S	37.46 W	110
52	PIRANHAS	PIRANHAS	9.38 S	37.46 W	110
53	POÇO DAS TRINCHEIRAS	POÇO DAS TRINCHEIRAS	9.18 S	37.17 W	255
54	PORTO CALVO	PORTO CALVO	9.04 S	35.24 W	54
55	PORTO DE PEDRAS	PORTO DE PEDRAS	9.09 S	35.18 W	22
56	PORTO DE PEDRAS	PORTO DE PEDRAS	9.1 S	35.18 W	22
57	PORTO DE PEDRAS	TATUAMUNHA	9.14 S	35.21 W	12
58	PORTO REAL DO COLÉGIO	PORTO REAL DO COLÉGIO	10.11 S	36.5 W	30
59	QUEBRANGULO	QUEBRANGULO	9.2 S	36.29 W	411
60	RIO LARGO	RIO LARGO	9.29 S	35.5 W	62
61	RIO LARGO	LOURENÇO DE ALBUQUERQUE	9.28 S	35.51 W	60
62	S. BRÁS	GORDILHO DE CASTRO	9.55 S	36.48 W	150
63	S. FRANCISCO	S. FRANCISCO	9.06 S	35.43 W	100
64	S. JOSÉ DA LAGE	S. JOSÉ DA LAGE	9.01 S	36.03 W	250
65	S. LUÍS DO QUITUNDE	S. LUÍS DO QUITUNDE	9.2 S	35.33 W	4
66	S. MIGUEL DOS CAMPOS	S. MIGUEL DOS CAMPOS	9.47 S	36.06 W	12
67	S. MIGUEL DOS CAMPOS	CANSANCÃO DO SINIMBU US	9.52 S	36.09 W	20
68	SANTANA DO IPANEMA	SANTANA DO IPANEMA	9.22 S	37.15 W	250
69	SANTANA DO IPANEMA	RIACHO GRANDE	9.28 S	37.28 W	210
70	SANTANA DO MUNDAÚ	MUNGUBA	9.04 S	36.12 W	404
71	SANTANA DO MUNDAÚ	SANTANA DO MUNDAÚ	9.1 S	36.13 W	221
72	SATUBA	SATUBA	9.35 S	35.49 W	10
73	TANQUE D'ARCA	TANQUE D'ARCA	9.32 S	36.26 W	280
74	TRAIPU	TRAIPU	9.58 S	36.59 W	40
75	TRAIPU	TRAIPU	9.59 S	36.59 W	40
76	UNIAO DOS PALMARES	ROCHA CAVALCANTI	9.06 S	36.04 W	156
77	UNIÃO DOS PALMARES	UNIÃO DOS PALMARES	9.1 S	36.03 W	155
78	UNIÃO DOS PALMARES	UNIÃO DOS PALMARES	9.11 S	36.03 W	155
79	VIÇOSA	VIÇOSA	9.23 S	36.15 W	300

**Anexo 2** - Mapas de aptidão climática de culturas agrícolas para Estado de Alagoas na escala de 1:300.000

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico seco

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico regular

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do algodão herbáceo no cenário pluviométrico chuvoso

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico seco.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico chuvoso

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico seco.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico regular

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão caupi no cenário pluviométrico chuvoso

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico seco

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico regular.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do feijão phaseolus no cenário pluviométrico chuvoso.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico seco

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico regular.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mamona no cenário pluviométrico chuvoso.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico seco

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura da mandioca no cenário pluviométrico chuvoso.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico seco

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico regular.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do milho no cenário pluviométrico chuvoso

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico seco.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico regular.

Zoneamento de aptidão climática do Estado de Alagoas para cultura do sorgo no cenário pluviométrico chuvoso.