

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

KARLENE FERNANDES DE ALMEIDA

**APTIDÃO CLIMÁTICA PARA OS CULTIVOS AGRÍCOLAS DA  
MANDIOCA (*Manihot esculenta* C.) E DO SORGO (*Sorghum bicolor* L.  
Moench) NO ESTADO DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS

2019

KARLENE FERNANDES DE ALMEIDA

**APTIDÃO CLIMÁTICA PARA OS CULTIVOS AGRÍCOLAS DA  
MANDIOCA (*Manihot esculenta* C.) E DO SORGO (*Sorghum bicolor* L.  
Moench) NO ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao curso de  
Agronomia Bacharelado do Centro de  
Ciências Agrárias da Universidade Estadual do  
Maranhão, como requisito para obtenção do  
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Ronaldo Haroldo  
Nascimento de Menezes

SÃO LUÍS

2019

Almeida, Karlene Fernandes de.

Aptidão climática para os cultivos agrícolas da Mandioca (*Manihot esculenta* C.) e do Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no estado do Maranhão / Karlene Fernandes de Almeida.– São Luís, 2019.

55 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento Menezes.

KARLENE FERNANDES DE ALMEIDA

**APTIDÃO CLIMÁTICA PARA OS CULTIVOS AGRÍCOLAS DA  
MANDIOCA (*Manihot esculenta* C.) E DO SORGO (*Sorghum bicolor* L.  
Moench) NO ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada junto ao curso de  
Agronomia da Universidade Estadual do  
Maranhão - UEMA, para obtenção de grau de  
Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 13/12/2019

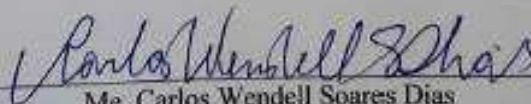
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento Menezes - **Orientador**  
DEA/CCA/UEMA



Me. Jucivan Ribeiro Lopes  
Mestre em Agroecologia  
UEMA/NUGEO



Me. Carlos Wendell Soares Dias  
Mestre em Agroecologia  
UEMA/NUGEO

## RESUMO

Ao realizar-se um levantamento da aptidão climática das principais culturas de uma determinada localidade, será possível alcançar melhor otimização nas safras agrícolas, tendo em vista que anomalias climáticas são as principais causadoras de baixas na produtividade agrícola mundial. A Mandioca é umas das principais culturas de subsistência cultivadas no Maranhão, sendo um produto crucial para a diminuição da insegurança alimentar no estado. O Sorgo, apesar de se adaptar muito bem à região nordestina, e ser resistente à seca, a ocorrência de déficits hídricos, principalmente na fase de florescimento e de enchimento de grãos, pode provocar redução acentuada na produção. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial agroclimático do estado do Maranhão para o cultivo da Mandioca e do Sorgo. A pesquisa foi desenvolvida para as 10 regiões homogêneas do Maranhão. A caracterização das exigências climáticas para as culturas analisadas foi realizada a partir dos dados de temperatura do ar e precipitação pluvial. Para o cálculo do balanço hídrico foi utilizado o método proposto por Thornthwaite e Mather. Os critérios de aptidão climática da mandioca foram os índices de umidade (Iu), hídrico (Im) e de aridez (Ia). A avaliação da aptidão climática para a cultura do sorgo se deu por épocas de plantio. Em análise aos dados, verificou-se que não houve restrições térmicas para ambas as culturas, em relação as 10 regiões homogêneas analisadas. Para o cultivo da mandioca, a região R1 caracterizou-se como a mais chuvosa, tendo sido classificada com aptidão moderada, em função do excesso hídrico. As regiões R2 até R8, que cobrem boa parte do estado, apresentaram aptidão plena, porém com riscos de apresentar período chuvoso prolongado. As regiões R9 e R10 apresentaram índice hídrico predominantemente negativo, sendo classificadas com aptidão plena para o cultivo da mandioca. Já em relação ao cultivo do sorgo, apresentaram inaptidão climática por deficiência hídrica, o início de plantio nos meses de junho (R1, R2, R3, R4, R5 e R6), maio (R2, R3, R4, R5 e R6), abril (R5, R6, R7, R8 e R9), março (R10), novembro (R7 e R8) e outubro (R10); apresentaram aptidão restrita por excesso ou deficiência hídrica, o início de plantio nos meses de maio (R1), abril (R1, R2, R3 e R4), março (R1 até R9), fevereiro (R1 até R8), janeiro (R1 até R8), dezembro (R7, R8, R9 e R10) e novembro (R9 e R10) e; apresentaram aptidão plena, o início de plantio nos meses de janeiro e fevereiro (R9 e R10). Concluiu-se que, nenhuma das 10 regiões analisadas apresentou inaptidão para o cultivo da mandioca no Maranhão. As regiões R9 e R10, localizadas no sul do estado, foram as únicas que apresentaram aptidão plena para ambas as culturas. A classificação de aptidão climática para a cultura do sorgo é bem mais específica e criteriosa que a mandioca.

**Palavras-chave:** Clima, Regiões homogêneas, Culturas anuais.

## ABSTRACT

When we make a climatic aptitude survey of the main cultures from a specific location, it will be possible to reach a better optimization on agricultural harvests, bearing in mind that climatic anomalies are the main causers of decreases on the mundial agricultural productivity. The manioc is one of the main subsistence cultures cultivated on Maranhão, being a crucial product to the decrease of the alimentar insecurity in the state. The Sorghum, besides adapting very well on the nordestin region, and being resistant to drought, the occurrence of hydric deficits, mainly on the bloom phase and on grain fillings, may cause accentuated reduction on production. With the exposed one, this work had like objective to evaluate the agroclimatic potential from the Maranhão state to the cultivation of Manioc and Sorghum. The research was developed for the 10 homogeneous regions from Maranhão. The description of the climatic demands for the analyzed cultures was realized from the air temperature datas and pluvial precipitation. To the calculation of the hydric balance was utilized the proposed method by Thornthwaite and Mather. The aptitude climatic criterions of the manioc were the humidity index ( $U_i$ ), hydric ( $H_i$ ) and aridity ( $A_i$ ). The climatic aptitude evaluation for the Sorghum culture, was given by planting times. Analyzing the datas, it has been seen that it did not had thermal restrictions for both cultures, in relation to 10 analyzed homogeneous regions. To the manioc cultivation, the region R1 has been the most rainy, being classified with moderated aptitude, because of the hydric excess. The regions R2 to R8, that cover good part of the state, showed full aptitude, but with risks of showing prolonged rainy period. The regions R9 and R10 showed a negative predominant hydric index, being classified with full aptitude for the manioc cultivation. In relation with the sorghum cultivation, they showed climatic inaptitude by hydric deficiency, the planting beginning on the months: June (R1, R2, R3, R4, R5 and R6), May (R2, R3, R4, R5 and R6), April (R5, R6, R7, R8 and R9), March (R10), November (R7 and R8) and October (R10); showed restricted aptitude by excess or hydric deficiency, the beginning of the plantation on the months of May (R1), April (R1, R2, R3 and R4), March (R1 until R9), February (R1 until R8), January (R1 until R8), December (R7, R8, R9 and R10) and November (R9 and R10) and; showed full aptitude, the beginning of the plantation on the months of January and February (R9 and R10). Concluding, none of the 10 analyzed regions showed inaptitude to the manioc cultivation on Maranhao. The regions R9 and R10, located on the south of the state, were the only ones who showed full aptitude for both cultures. The climatic aptitude classification for the sorghum culture is far more specific and careful than the manioc.

**Keywords:** Climate. Homogeneous Regions. Annual Cultures.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Critérios utilizados para a aptidão climática para a cultura da mandioca.....	22
Tabela 2	Critérios utilizados na avaliação da aptidão climática para a cultura do sorgo no estado do Maranhão.....	23
Tabela 3	Variáveis agroclimáticas para a região 1: Litoral Ocidental.....	26
Tabela 4	Variáveis agroclimáticas para a região 2: Baixo Parnaíba.....	28
Tabela 5	Variáveis agroclimáticas para a região 3: Itapecuru Mirim.....	30
Tabela 6	Variáveis agroclimáticas para a região 4: Baixada.....	31
Tabela 7	Variáveis agroclimáticas para a região 5: Médio Mearim/Açailândia	33
Tabela 8	Variáveis agroclimáticas para a região 6: Cocais.....	34
Tabela 9	Variáveis agroclimáticas para a região 7: Imperatriz.....	35
Tabela 10	Variáveis agroclimáticas para a região 8: Chapada do Alto Itapecuru.....	37
Tabela 11	Variáveis agroclimáticas para a região 9: Chapada das Mangabeiras...	38
Tabela 12	Variáveis agroclimáticas para a região 10: Gerais de Balsas.....	39
Tabela 13	Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (outubro a janeiro).....	43
Tabela 14	Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (novembro a fevereiro).....	44
Tabela 15	Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (dezembro a março).....	45
Tabela 16	Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (janeiro a abril).....	46
Tabela 17	Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (fevereiro a maio).....	47
Tabela 18	Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (março a junho).....	47

## LISTA DE SIGLAS

<b>Im</b>	Índice hídrico
<b>Iu</b>	Índice de umidade
<b>Ia</b>	Índice de aridez
<b>EXC</b>	Excesso ou excedente hídrico
<b>DEF</b>	Deficiência hídrica
<b>T</b>	Temperatura
<b>P</b>	Precipitação
<b>ETP</b>	Evapotranspiração Potencial
<b>ETR</b>	Evapotranspiração Real
<b>ARM</b>	Armazenamento
<b>RHPS</b>	Regiões homogêneas de precipitação
<b>PRP4/ETP4</b>	Relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial no quarto mês do ciclo
<b>PRP1234</b>	Precipitação total nos quatro meses do ciclo
<b>EXC1234</b>	Excesso hídrico total nos quatro meses do ciclo
<b>EXC123</b>	Excesso hídrico total nos três meses do ciclo
<b>DEF1,2,3</b>	Deficiência hídrica em um dos três meses iniciais do ciclo



## SUMÁRIO

	Pág.
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	10
<b>2.1 Aspectos climáticos do estado do Maranhão</b> .....	10
<b>2.2 Balanço Hídrico Climatológico – BHC</b> .....	11
<b>2.3 Aspectos da cultura da Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> C.)</b> .....	12
2.3.1 Climáticos.....	12
2.3.2 Área plantada, produção e produtividade.....	13
<b>2.4 Aspectos da cultura do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)</b> .....	16
2.4.1 Climáticos.....	16
2.4.2 Área plantada, produção e produtividade.....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
<b>3.1 Área de estudo</b> .....	20
<b>3.2 Dados utilizados</b> .....	21
<b>3.3 Procedimentos metodológicos</b> .....	21
3.3.1 Desenvolvimento dos indicadores de aptidão climática.....	21
3.3.2 Critérios de aptidão climática.....	22
3.3.2.1 <i>Cultura da Mandioca</i> .....	22
3.3.2.2 <i>Cultura do Sorgo</i> .....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
<b>4.1 Aspectos Climáticos das regiões homogêneas de precipitação</b> .....	25
4.1.1 Região 1 – Litoral Ocidental.....	25
4.1.2 Região 2 – Baixo Parnaíba.....	26
4.1.3 Região 3 – Itapecuru Mirim.....	28
4.1.4 Região 4 – Baixada.....	30
4.1.5 Região 5 – Médio Mearim/Açailândia.....	31
4.1.6 Região 6 – Cocais.....	33
4.1.7 Região 7 – Imperatriz.....	34
4.1.8 Região 8 – Chapada do Alto Itapecuru.....	36
4.1.9 Região 9 – Chapada das Mangabeiras.....	37
4.1.10 Região 10 – Gerais de Balsas.....	38
<b>4.2 Aptidão climática</b> .....	39
4.2.1 Mandioca.....	39
4.2.2 Sorgo.....	42
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	50
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola é relacionada as condições climáticas, de tal modo, que, para a obtenção do máximo rendimento de culturas agrícolas, é imprescindível o monitoramento dos elementos meteorológicos em todas as fases do desenvolvimento da lavoura (PASSOS et al., 2016).

A partir do momento em que há um monitoramento da dinâmica agroclimática de uma região, é possível realizar-se um levantamento da aptidão climática das principais culturas de uma determinada localidade, criando-se uma delimitação das regiões climaticamente homogêneas de um estado.

E, de acordo com Passos et al., (2017) o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para a otimização da produção agrícola, tendo em vista que anomalias climáticas são as principais causadoras de baixas na produtividade agrícola mundial. Além disso, tais informações são necessárias para dar maior segurança ao produtor rural, fazendo com que ele tenha maior retorno a médio e longo prazos, contribuindo, também, para uma agricultura coerente e sustentável.

A Mandioca (*Manihot esculenta* C.) é umas das principais culturas de subsistência cultivadas no Maranhão. O cultivo é realizado quase que de forma unânime nos municípios do estado, justamente por ser uma planta rústica e de manejo relativamente fácil em relação às demais culturas anuais. Para os municípios de baixo Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, caracteriza-se como um produto crucial para a diminuição da insegurança alimentar no estado, tendo em vista as diferentes formas de consumo e beneficiamento da mandioca: cozida, frita, farinha de mandioca, tapioca, tucupi, além da opção de poder ofertar folhas e restos de raízes para complementação da dieta animal.

Oliveira et al., (2012) relatam que a cultura da mandioca desde o Brasil colonial sempre foi a base econômica de subsistência dos agricultores familiares e, historicamente, esteve presente nas conquistas do sertão. Além de ser, especificamente, o tubérculo mais difundido do gênero *manihot*, composto por várias raízes comestíveis.

Mas, assim como as demais culturas de importância econômica, a mandioca apresenta exigências climáticas que devem ser minimamente obedecidas para que se possa obter o máximo desempenho agrônômico da cultura. Francisco et al., (2017) relatam que a

identificação de áreas de potencial de produção torna-se o primeiro passo na eficiência do planejamento agrícola. Além da diversidade de solo, devem-se quantificar os diferentes elementos climáticos que geram aptidões diferenciadas para a cultura.

O Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma cultura, que, no contexto da agropecuária brasileira vem se destacando a cada dia, por ser uma gramínea bastante energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, nos quais é difícil o cultivo de outras espécies (BUSO et al., 2011). É uma planta de origem tropical, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, exigindo, por isso, um clima quente para poder expressar seu potencial de produção. Neste sentido, adapta-se muito bem à região nordestina, o que inclui o estado do Maranhão (MAPA, 2019).

Apesar de resistente à seca, a ocorrência de déficits hídricos, principalmente na fase de florescimento e de enchimento de grãos, pode provocar redução acentuada na produção. Nas semeaduras tardias e nos cultivos após uma safra de verão, a produtividade do sorgo é bastante afetada pelo regime de chuvas, pelas limitações de radiação solar e pelas temperaturas baixas durante o final do ciclo (MAPA, 2019).

Neste sentido, torna-se cada vez mais importante a publicação de estudos voltados à identificação das regiões aptas ao cultivo da cultura do sorgo, inferindo em menor risco climático para o estado do Maranhão.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial agroclimático do estado do Maranhão para o cultivo da Mandioca e do Sorgo.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Aspectos climáticos do estado do Maranhão**

O regime climático de uma determinada região é a resposta natural aos fenômenos oceânicos e atmosféricos, à geografia, à distribuição dos continentes e oceanos à latitude, à altitude e ao posicionamento do relevo em relação as correntes atmosféricas, que pode ser modificado no decorrer dos anos pelas intempéries do tempo e atividades humanas. A maior parte da região Nordeste é caracterizada como semiárida, com grande variabilidade espacial e temporal das precipitações e elevada taxa de evaporação. As variações interanuais são marcantes. Considerando a variação sazonal da precipitação pluvial na região como um todo, pode-se dizer que existem diferenças no regime pluviométrico com precipitação mais significativa de novembro a julho (COSTA, 2016).

O estado do Maranhão, em virtude da diversidade de ecossistemas e aspectos geográficos apresenta variabilidade espacial e temporal das chuvas. As áreas mais chuvosas encontram-se no Oeste do estado onde predomina parte do bioma Amazônico, por outro lado, no Leste e Sul, onde predomina o bioma Cerrado, as chuvas são reduzidas. Além do mais, tem a localização geográfica do estado e extensão territorial, que contribuem para incidência de diferentes sistemas produtores de tempo, que atuam em áreas e épocas diferentes, sendo os principais, segundo Menezes (2009), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as frentes frias, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS).

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite (1948), o Maranhão tem suas características climatológicas identificadas e divididas em quatro tipos climáticos, os quais variam desde o clima subúmido seco, que predomina no Sudeste, até o úmido, que predomina no extremo Noroeste.

O estado apresenta diversos tipos climáticos, de acordo com o Atlas do Maranhão (2002) e, dentre os predominantes estão: B<sub>2</sub>rA'a'- Clima úmido tipo (B<sub>2</sub>), com pequena ou nenhuma deficiência de água; B<sub>1</sub>WA'a'- Clima úmido tipo (B<sub>1</sub>), com moderada deficiência de água no inverno, entre os meses de junho a setembro; C<sub>2</sub>WA'a'- Clima subúmido do tipo

(C<sub>2</sub>), com moderada deficiência de água no inverno, entre os meses de junho a setembro e; C<sub>1dA'a'</sub> - Clima subúmido seco do tipo (C<sub>1</sub>), com pouco ou nenhum excesso de água.

Um dos fatores importantes atrelados ao clima de uma região, é o acompanhamento das chuvas ao longo do mês (totais diários acumulados somados por mês). Cerqueira (2019) relata sobre a importância do levantamento de tais informações. O autor afirma que é necessário o acompanhamento da evolução, ou retrocesso, das chuvas ao longo do mês, para um comparativo do período chuvoso e seco, com a série histórica nas regiões, ou municípios, em que as chuvas têm se concentrado.

Em muitas regiões do estado do Maranhão a seca ou o excesso de chuvas é um problema, uma vez que eventos extremos tanto para mais, quanto para menos, são um fator que tem uma relação direta com a vida cotidiana das pessoas, além de poder afetar negativamente o início ou a colheita das safras agrícolas (CERQUEIRA, 2019).

Com relação à temperatura, o Estado do Maranhão apresenta médias térmicas anuais superiores a 22°C, devido estar localizado na região Equatorial onde a temperatura do ar é normalmente elevada e uniforme ao longo do ano. As temperaturas médias anuais mais elevadas são, geralmente, registradas no centro-sul do Estado, especificamente nos municípios de Loreto e Mirador, com aproximadamente 28,8 °C e 28,6 °C, porém, alguns fatores podem interferir neste comportamento, notadamente a altitude, a latitude, a vegetação e a continentalidade (IBGE, 2002).

E, no que tange à sazonalidade, as temperaturas mais elevadas ocorrem durante o segundo semestre, no qual grande parte do Estado se encontra na época seca. Devido à estação chuvosa, no primeiro semestre, predominam dias com chuva e céu parcialmente nublado e aumento da umidade relativa do ar, que amenizam a sensação térmica (IBGE, 2002).

## **2.2 Balanço Hídrico Climatológico - BHC**

O balanço hídrico é uma das várias formas de monitoramento do armazenamento de água no solo, a partir do qual são determinadas as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo e também a classificação climática, assim pode-se identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo (JESUS, 2015).

O método de estimativa do balanço hídrico climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é uma ferramenta de monitoramento de armazenamento de água no solo, largamente utilizada como instrumento de planejamento estratégico agrícola no âmbito do gerenciamento dos recursos hídricos (PASSOS et al., 2017).

Santos et al., (2010) afirmam que os conhecimentos das variáveis estimadas no BHC favorecem o planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, porque são informações que permitem aos produtores identificar as condições climáticas que fragilizam o sistema produtivo.

Assim, é uma ferramenta fundamental para o sucesso de um empreendimento agrícola, possibilitando a tomada de decisão no tocante à prática de irrigação para suprir a deficiência hídrica no solo (PASSOS et al., 2017). De acordo com Matos et al., (2014) é de crucial importância a elaboração do BHC para uma região, já que considera os aspectos relacionados ao solo, a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e a dinâmica de água no solo durante o período avaliado.

Francisco et al., (2017) relatam que para a efetiva elaboração do BHC, além da necessidade de informar geograficamente o local por meio de suas coordenadas geográficas, são também necessários, para todos os meses do ano, dados de uma série longa dos elementos climáticos.

## **2.3 Aspectos da cultura da Mandioca (*Manihot esculenta* C.)**

### **2.3.1 Climáticos**

A cultura da mandioca, que tem ciclo de 8 a 14 meses (tipo mesa), ou, 14 a 24 meses (tipo indústria), requer clima quente. Temperaturas médias anuais do ar entre 18°C e 35°C são adequadas ao crescimento e desenvolvimento da cultura. No entanto, as regiões mais indicadas para o cultivo devem possuir temperatura média anual entre 20°C a 27°C, sendo o ótimo entre 21°C e 25°C. Abaixo de 15°C, há redução gradual da atividade vegetativa das plantas. Regiões com temperaturas médias inferiores a 10°C são altamente prejudiciais à cultura devido à ocorrência de geadas. Baixas temperaturas do ar impedem ou retardam a brotação das manivas (MOTA et al., 1974).

A temperatura do solo é determinante para o início dos períodos de plantio da mandioca. Baixas temperaturas do solo impedem ou retardam a formação de raízes e brotação das manivas e temperaturas elevadas são igualmente prejudiciais, pois ressecam e queimam as gemas de brotação (MALUF et al., 2011, p.12).

Bergamaschi e Guadagnin (1993) referem que, além do processo de germinação, de enraizamento e brotação, a temperatura do solo é importante na atividade das raízes em absorver água do solo, na atividade de microrganismos, na difusão de solutos e gases, no desenvolvimento de moléstias e na velocidade das reações químicas do solo.

Os valores ideais de precipitação pluvial para a cultura da mandioca situam-se entre 1.000 a 2.000 mm anuais bem distribuídos (MOTA et al., 1974; WESTPHALEN; MALUF, 1980). Em regiões semiáridas a mandioca produz em locais com precipitação pluvial anual entre 500 mm e 700 mm, desde que bem distribuídos.

É importante adequar a época de plantio, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo, período no qual as plantas de mandioca estão em desenvolvimento. A alta resistência estomática da planta de mandioca reduz as perdas hídricas no período de estiagem e, por isso, quando adulta, a mandioca pode suportar deficiência hídrica por alguns meses, reduzindo a atividade biológica, que é recuperada logo após o início das chuvas (MALUF et al., 2011, p.14).

A mandioca apresenta sensibilidade tanto às deficiências quanto aos excessos de água no solo. A falta de umidade no solo pode ser crítica à cultura na fase de enraizamento. Os excessos hídricos podem causar o desenvolvimento de fungos nas raízes, principalmente da “podridão das raízes”. O período de maior sensibilidade da cultura ao estresse hídrico situa-se entre 30 e 150 dias após o plantio, na fase de enraizamento e de tuberização. Depois dos seis primeiros meses, o estresse hídrico não causa reduções significativas no rendimento (MALUF et al., 2011, p.13).

### 2.3.2 Área plantada, produção e produtividade

De acordo com Fernandes (2018), em uma análise dos cenários da cadeia da mandioca, os estados do Pará, Bahia, Maranhão, Acre e Amazonas (Norte e Nordeste) responderam a 46,40% da produção nacional de mandioca (t), no ano de 2017. O que

correspondeu a 54,29% das áreas plantadas (ha) de mandioca no país. Entretanto, como foi mencionado no parágrafo anterior, essas regiões apresentaram baixa produtividade. O Estado do Paraná, com pouco menos de 8,9% de área plantada, respondeu sozinho por 14,79% da produção brasileira de mandioca, com uma produtividade excepcional de 24.234.095 Kg/ha, contra 14.347.090 kg/ha do Estado do Pará, o maior produtor nacional.

De acordo com as estimativas do IBGE (2017), para área, produção e rendimento médio durante o mês de dezembro, obteve-se uma área plantada de 1.407.345 ha, uma produção de 20.606.037 toneladas e, rendimento médio de 14.642 kg/ha. Numa análise específica à região Nordeste, o Maranhão apresentou área plantada de 293.945 ha e área colhida 151.157 ha, com uma produção de 1.315.554 toneladas e, rendimento médio de 8.703 kg/ha, para o mês de dezembro. A participação do Estado para a safra de 2017 foi de 13.8% para área plantada e 10.7% para área colhida.

Apesar do Maranhão ter apresentado resultados bem maiores que a maioria dos Estados da região, ressalta-se que o Estado da Bahia apresentou resultados superiores ao Maranhão, perdendo apenas para a área plantada de 230.143 ha e 192.137 ha de área colhida; produção de 2.078.752 toneladas e; rendimento médio de 10.819 kg/ha. A participação da Bahia foi de 10.8% para a área plantada e 13.7% para a área colhida. Os dados mostraram que o Nordeste alcançou maior participação na safra de 2017 que a região Norte, justamente por conta da participação considerável do Maranhão e da Bahia nos resultados. Enquanto o Nordeste alcançou 41.0% na área plantada e 37.4% na área colhida, o Norte apresentou 37.0% na área plantada e 34.6% na área colhida (IBGE, 2017).

Os indicadores da produção agrícola nacional, de dezembro de 2018, mostraram uma produção anual para a mandioca de 19.392.827 toneladas, um pouco abaixo das 20.606.037 toneladas alcançadas no ano de 2017. Durante o ano de 2018, em todo o território brasileiro, foram plantados 1.367.677 ha de mandioca, com uma produção de 19.392.827 toneladas e, rendimento médio de 14.179 kg/ha (IBGE, 2018).

Numa análise isolada à região Nordeste, percebeu-se grande destaque nos parâmetros produtivos para a safra de 2018 (mês de dezembro), em relação às demais regiões do país, sendo: área plantada de 922.581 ha; área colhida de 539.614 ha; produção de 5.073.361 toneladas e; rendimento médio de 9.402 kg/ha. Em relação aos estados do Nordeste, o Maranhão alcançou bons índices em relação aos demais estados, sendo: 271.688 ha de área



plantada e 143.402 ha de área colhida; produção de 1.254.916 toneladas e; rendimento médio de 8.751 kg/ha. Tais resultados corresponderam a uma participação na safra de 2018 de 13,1% na área plantada e 10,5% na área colhida, bem próxima da participação de 2017 (IBGE, 2018).

O Estado da Bahia, superou a maioria dos parâmetros analisados, em comparação com o Maranhão, como área colhida, produção e rendimento médio, perdendo apenas para a área plantada, sendo: 250.505 ha de área plantada e 170.505 ha de área colhida; produção de 1.527.575 toneladas e; rendimento médio de 8.959 kg/ha. A Bahia gerou uma participação de 12,1% na área plantada e 12,5% na área colhida. Observou-se que, apesar do Maranhão ter apresentado maior área plantada, o Estado colheu em menor quantidade que a Bahia, fazendo com que o rendimento médio fosse sinuosamente maior (IBGE, 2018).

O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, disponibilizado pelo IBGE (2019a), mostrou que a estimativa da produção de mandioca (raiz), em janeiro de 2019, foi de 20,2 milhões de toneladas, aumento de 4,2% em relação ao ano anterior. Na Região Norte, que foi responsável por 36,1% da produção nacional até este mês, estimou-se crescimento da produção: Rondônia (3,2%), Acre (54,8%), Amazonas (58,1%), Pará (2,7%) e Amapá (5,3%), havendo incremento de 902,5 mil toneladas na produção regional.

Na Região Nordeste, que foi responsável por 23,6% do total nacional, estimou-se uma redução de 6,2% na produção, com destaques negativos para Maranhão (46,9%), Ceará (22,9%), Pernambuco (1,4%), Rio Grande do Norte (1,7%) e Alagoas (7,2%). Apresentaram crescimento da produção: Piauí (15,9%), Paraíba (2,3%), Sergipe (35,2%) e Bahia (21,6%) (IBGE, 2019a).

Em análise a dados mais atuais, de outubro de 2019, à nível nacional, foi plantado 1.328.746 ha, com produção de 20.099.239 toneladas e, rendimento médio de 15.126 kg/ha. Numa análise específica à região Nordeste, percebeu-se que, diferentemente dos anos anteriores, o Maranhão apresentou resultados bastante inferiores em relação aos critérios de área, produção e rendimento, corroborando com os dados disponibilizados pelo IBGE (2019a). Apresentou área plantada de 57.945 ha e área colhida de 57.433 ha; produção de 438.900 toneladas e; rendimento médio de 7.642 kg/ha. A participação foi de apenas 3,8% na área plantada e 4,3% na área colhida (IBGE, 2019b).

Em termos de participação na safra de 2019, até o mês de outubro, o Maranhão foi superado pela Bahia, seguido do Ceará. A Bahia apresentou área plantada de 250.500 ha e área colhida de 170.500 ha; produção de 1.857.500 toneladas; rendimento médio de 10.894 kg/ha e; participação na safra de 16.5% na área plantada e 12.8% na área colhida. O Ceará apresentou área plantada de 116.322 ha e área colhida de 61.484 ha; produção de 611.152 toneladas; rendimento médio de 9.940 kg/ha e; participação na safra de 7.6% na área plantada e 4.6% na área colhida (IBGE, 2019b).

## **2.4 Aspectos da cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

### **2.4.1 Climáticos**

A planta de sorgo se adapta a vários ambientes, principalmente sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria de outros cereais. Essa característica permite que a cultura seja apta para se desenvolver e se expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão (SANTOS et al., 1996).

Landau e Sans (2010) relatam que em relação às principais variáveis de clima, a temperatura ótima para o desenvolvimento de cada plantio varia conforme a cultivar considerada. De uma forma geral, a literatura internacional tem mostrado que temperaturas superiores a 38°C ou inferiores a 16°C limitam o desenvolvimento da maioria das cultivares. Um aumento 5°C em relação à temperatura ótima noturna pode implicar numa redução de até 33% da produtividade, uma vez que ocorre um aumento da taxa de respiração noturna. A cada 1 grau centígrados 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 consequente perda d'água. Assim, o aumento da intensidade luminosa implica em maior produtividade, sempre que as demais condições sejam favoráveis. O uso consuntivo (consumo) de água pelo sorgo varia entre 380 e 600 mm durante o ciclo da cultura, dependendo principalmente das condições climáticas dominantes (SANS et al., 2003). A

quantidade de água absorvida pelas plantas varia de acordo com o estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura (LANDAU; SANS, 2010).

Apesar disso, o sorgo possui resistência relativamente boa à dessecação, tendo mostrado capacidade de se recuperar após um período de seca. Mesmo após um período prolongado de murchamento, em apenas 5 dias com condições ambientais propícias o sorgo pode recuperar a abertura dos estômatos, retornando às atividades fisiológicas normais (SANS et al., 2003).

Embora seja uma cultura resistente a estresse hídrico, o sorgo também sofre efeito do déficit hídrico, chegando a reduzir consideravelmente a produtividade quando submetido a estresse. O déficit hídrico tem influência direta na taxa fotossintética, a qual está associada diretamente com a produção de grãos. A perda de produtividade em função da exposição da cultura a déficit hídrico varia principalmente em função do estágio fenológico das plantas, do tempo de duração do estresse e do genótipo das plantas (LANDAU; SANS, 2010).

#### 2.4.2 Área plantada, produção e produtividade

O Sorgo é uma cultura bastante resistente à seca e climas quentes e, por isso, muito utilizado em sucessão de culturas na segunda safra. Entretanto, observa-se que a escolha do sorgo pelo produtor varia muito em virtude do mercado, e seu plantio só é definido após a conclusão do plantio do milho segunda safra (CONAB, 2018).

De acordo com o Levantamento de Safras da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2018), feito para as safras 2017/18, em setembro de 2018, a estimativa de produção nacional foi de 2,135 milhões de toneladas, produtividade de 2.731 kg/ha e área plantada de 782,2 mil hectares. Dentre os maiores produtores para estas safras destacaram-se Goiás, Minas Gerais e Bahia.

Em análise às produções por Estado, o Maranhão se encaixou dentro dos 4 estados do país que produziram acima de 100 mil toneladas de Sorgo durante as safras 2017/18, com produção de 296,7 mil toneladas, juntamente com Goiás (710,5 mil toneladas), Distrito Federal (30,6 mil toneladas) Minas Gerais (723,8 mil toneladas) e Mato Grosso (126,0 mil toneladas) (CONAB, 2018).

Numa análise específica à região Nordeste, os dados da Conab (2018) mostraram que o Maranhão se destacou em todos os aspectos produtivos da cultura do sorgo (área, produção e produtividade) em comparação com os demais Estados da região. A área cultivada foi de 105,6 mil ha, com produção de 296,7 mil toneladas e, produtividade de 2.810 kg/ha. O segundo maior Estado foi a Bahia, com área cultivada de 100,1 mil ha, produção de 98,2 mil toneladas e, produtividade de 981 kg/ha. Apesar do Nordeste ter contribuído de forma significativa para as safras 2017/18 (área de 224,7 mil ha; produção de 407,1 mil toneladas e produtividade de 1.812 kg/ha), o Centro-Oeste apresentou-se como a região de maior contribuição, sendo: área de 295,1 mil ha; produção de 891,6 mil toneladas e; produtividade de 3.022 kg/ha.

Em análise às produções agrícolas para as safras 2018/19, até o mês de janeiro de 2019 (CONAB, 2019a), observou-se que, para o Maranhão, a produção de Sorgo foi bem inferior às safras anteriores, se encaixando nos 3 Estados com produção entre 3.000 – 5.000 mil toneladas. A produção obtida foi de 3.013,4 mil toneladas, juntamente com os Estados do Tocantins (3.156,7 mil toneladas) e São Paulo (3.658,7 mil toneladas). As maiores produções foram alcançadas por 3 Estados (acima de 15.000 mil toneladas): Mato Grosso - 32.170,7 mil toneladas; Paraná – 19.175,9 mil toneladas e; Rio Grande do Sul (18.690,2 mil toneladas).

A Conab não disponibilizou dados mais específicos sobre a área, produção e produtividade da safra agrícola 2018/19 no Estado do Maranhão. Todavia, até dezembro de 2018, o IBGE (2018), disponibilizou os seguintes dados para o cultivo do Sorgo em grãos para esta safra: área plantada e colhida de 105.608 ha; produção de 59.356 toneladas e; rendimento médio de 562 kg/ha. Entretanto, apesar de ter sido o Estado de maior participação dentro da região Nordeste (13%), obteve resultados inferiores no que tange à área plantada e colhida, produção e rendimento médio, em comparação aos Estados da Bahia (80.350 ha de área plantada e colhida; produção de 72.396 toneladas; rendimento médio de 901 kg/ha), Rio Grande do Norte (435 ha de área plantada e colhida; produção de 830 toneladas; rendimento médio de 1.908 kg/ha), Pernambuco (405 ha de área plantada e 358 ha de área colhida; produção de 183 toneladas; rendimento médio de 511 kg/ha) e Alagoas (380 ha de área plantada e colhida; produção de 1.140 toneladas; rendimento médio de 3.000 kg/ha).

Para a safra agrícola 2019/20, realizada até o mês de novembro de 2019, o Maranhão se encaixou dentro dos Estados com produção entre 10-100 mil toneladas, tendo produção de

27,7 mil toneladas, juntamente com Piauí (56,3 mil toneladas) Tocantins (52,5 mil toneladas) Pará (48,4 mil toneladas) Mato Grosso (83,2 mil toneladas), Mato Grosso do Sul (32,3 mil toneladas), São Paulo (43,3 mil toneladas) e Rio Grande do Sul (13,2 mil toneladas) (CONAB, 2019b).

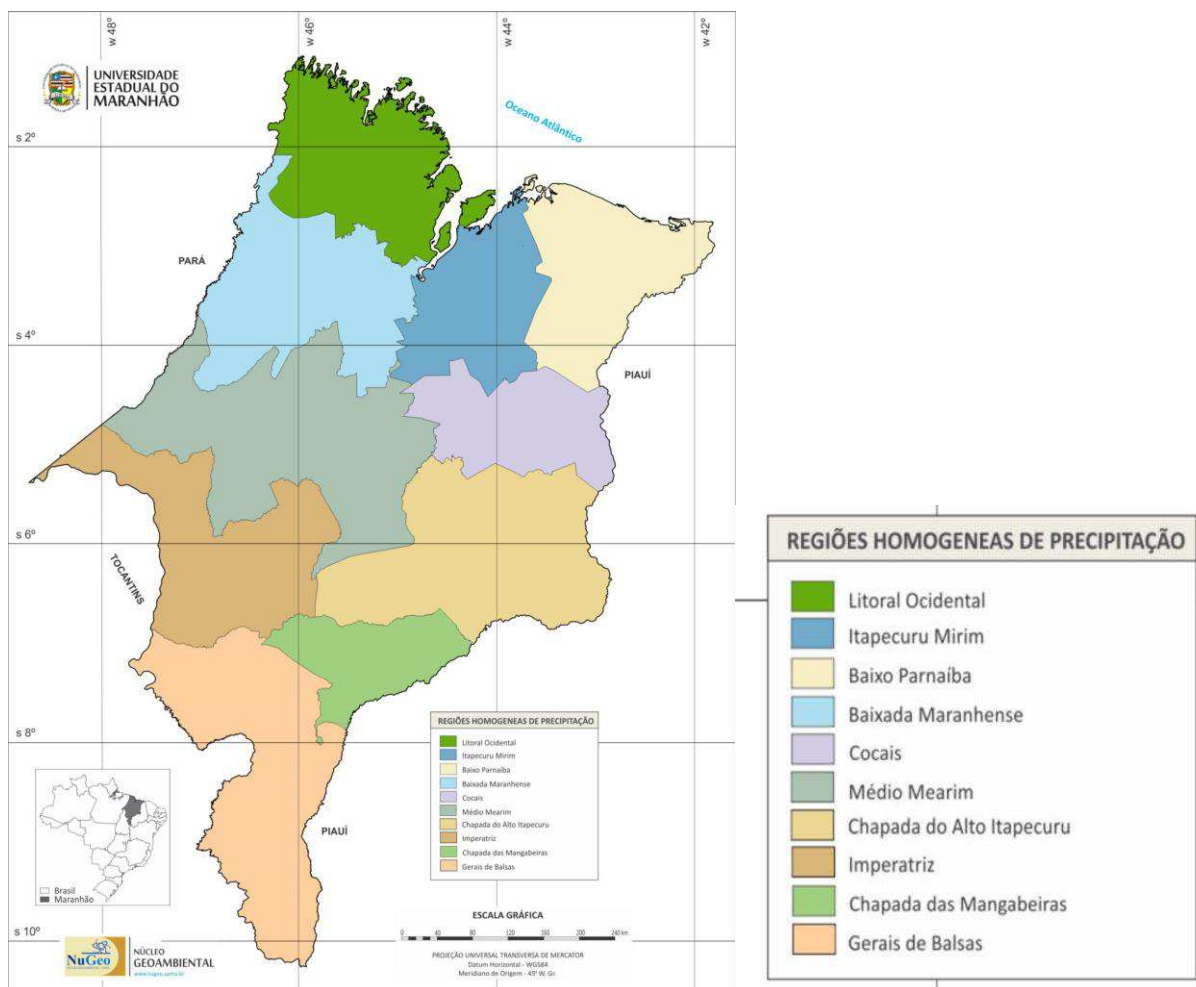
Em relação ao comparativo de área, produção e produtividade da safra 2019/20 e, mais especificamente, em relação à região Nordeste, o Maranhão apresentou uma área cultivada de 10,8 mil ha, produção de 27,7 mil toneladas e, produtividade de 2.567 kg/ha. Pela primeira vez, o Maranhão conseguiu se destacar em termos de produtividade em relação aos demais estados da região Nordeste, especificamente, o Estado do Piauí com produtividade de 1.877 kg/ha e o Estado da Paraíba com 1.600 kg/ha (CONAB, 2019b).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida para as 10 regiões homogêneas de precipitação do estado do Maranhão, definidas por Menezes (2009). O estado está situado no extremo oeste da região Nordeste do Brasil, entre 1° e 10° de Latitude Sul, e 41,5° e 48,6° de Longitude Oeste, com uma área de 331.983 Km<sup>2</sup> (Figura 1). É limitado ao Norte pelo Oceano Atlântico; a Leste e Sudeste pelo estado do Piauí; ao Sul e Sudoeste pelo estado de Tocantins e a Oeste pelo estado do Pará.

**Figura 1 - Localização geográfica do estado do Maranhão e suas regiões homogêneas de precipitação.**



Fonte: NUGEO – UEMA.

### 3.2 Dados utilizados

Os dados básicos utilizados para esta pesquisa consistiram da precipitação pluvial e temperatura do ar mensais, baseados em séries históricas de 30 anos de informações (1987-2016). Foram obtidos do acervo de dados da Agência Nacional de Águas-ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

### 3.3 Procedimentos metodológicos

#### 3.3.1 Desenvolvimento dos indicadores de aptidão climática

A caracterização das exigências climáticas para as culturas analisadas foi realizada a partir dos dados de temperatura do ar e precipitação pluvial. Em havendo necessidade, a temperatura do ar, devido a baixa densidade da rede de coleta de dados, foi estimada. (CAVALCANTI; SILVA, 1994; CAVALCANTI et al., 2006).

Para o cálculo do balanço hídrico foi utilizado o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), o qual compara a precipitação pluvial (entrada de água no solo) e evapotranspiração potencial (saída de água do solo), estimada pelo método de Thornthwaite (1948). E, considerando-se a capacidade média de armazenamento de água no solo (CAD) de acordo com as exigências edafo-climáticas de cada cultura. Como resultado do cálculo do balanço hídrico obteve-se o Índice hídrico (Im) dado pela relação ( 1 ):

$$I_m = I_u - 0,6 * I_a \quad ( 1 )$$

Em que:  $I_u$ , corresponde ao índice de umidade e  $I_a$ , ao índice de aridez, os quais são obtidos pelas relações ( 2 ) e ( 3 ), respectivamente:

$$I_u = (EXC/ETP) * 100 \quad ( 2 )$$

$$I_a = (DEF/ETP) * 100 \quad ( 3 )$$

Em que: EXC, corresponde ao excesso hídrico (mm); DEF, a deficiência hídrica (mm) e ETP, a Evapotranspiração Potencial (mm).

### 3.3.2 Critérios de aptidão climática

#### 3.3.2.1 Cultura da Mandioca

Para a cultura da mandioca, que apresenta período vegetativo longo, foram usados indicadores que avaliam a disponibilidade de água para o cultivo, obtidos a partir do cálculo do balanço hídrico, conforme descrito na metodologia, sendo eles: os índices de umidade (Iu), hídrico (Im) e de aridez (Ia).

Como critérios de aptidão climática para a mandioca foi utilizado o índice efetivo de umidade (Im), conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1 – Critérios utilizados para a aptidão climática para a 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	$Im \leq -45$

Fonte: BARROS et al., (2012).

#### 3.3.2.2 Cultura do Sorgo

Para o sorgo a aptidão climática foi avaliada de acordo com o período produtivo, para diferentes épocas de plantio (Tabela 2), uma vez que é uma cultura temporária e de ciclo mais curto em relação a mandioca, sendo considerado as componentes de saída do balanço hídrico, ou seja, excesso e deficiência de água, além da relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial.

A aptidão Plena para o cultivo do sorgo no estado, ou seja, sem limitações climáticas apreciáveis ocorreu quando o total acumulado do Excedente Hídrico (EXC) durante os três meses iniciais do ciclo produtivo foi  $\leq 200$  mm, com Deficiência Hídrica (DEF) menor que 10 mm em um dos três meses iniciais do ciclo produtivo e que no último mês do ciclo produtivo,



correspondente a fase secagem e colheita, a relação entre a Precipitação (P) e a Evapotranspiração Potencial (ETP) fosse menor que 1.

A aptidão foi considerada restrita, a partir do momento em que houve alguma limitação em relação aos critérios de aptidão proposto na Tabela 2, ou seja, quando o período chuvoso da região foi prolongado, com totais de excesso hídrico acumulados nos três primeiros meses do ciclo produtivo maiores que 200 mm e, menores ou iguais a 300 mm. E, também, quando no último mês do ciclo a relação entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP) foi maior ou igual a 1.

Neste caso, o prolongamento do período chuvoso até o último mês do ciclo produtivo da cultura pode prejudicar a secagem dos grãos ou a silagem. Outra condição de restrição foi quando o excesso hídrico durante os 4 meses do ciclo produtivo foi maior ou igual a 300 mm, ou se em qualquer um dos meses o excesso hídrico foi maior ou igual a 200 mm. Nessa situação, a aptidão para o cultivo do sorgo foi considerada restrita devido a quantidade de água em demasia.

A condição de inaptidão também foi estabelecida para o cultivo do sorgo quando ocorreu pequena deficiência hídrica menor a 20 mm em um dos três meses iniciais do ciclo produtivo da cultura, e que, na fase de maturação e colheita, correspondente ao último mês do ciclo, a relação entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP) fosse menor que 1, caracterizando a região como relativamente seca.

Por fim, a inaptidão climática para o cultivo do sorgo foi definida quando houve acentuada deficiência de água no solo, acima de 20 mm, em um dos três meses iniciais do ciclo produtivo, ou, superior a 40 mm em quaisquer dos demais meses.

**Tabela 2 - Critérios utilizados na avaliação da aptidão climática para a cultura do sorgo no estado do Maranhão.**

<b>Aptidão Climática</b>	<b>EXC (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>P/ETP</b>
Plena, sem restrição	$0 < EXC_i \leq 200$	$DEF_i < 10$	$P_4/ETP_4 < 1$
Restrita:	$200 < EXC_i \leq 300$	.....	$P_4/ETP_4 \geq 1$
1. Período chuvoso prolongado	$EXC \geq 300$ ou	.....	.....
2. Excesso hídrico	$EXC_i \geq 200$	.....	.....
3. Deficiência hídrica	.....	$DEF_i < 20$	$P_4/ETP_4 < 1$
Inapta, deficiência hídrica acentuada	.....	$DEF_i \geq 20$ $DEF_k \geq 40$	.....

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2012).

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

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados foram representados em duas etapas: A primeira etapa correspondeu a análise das características climáticas das regiões homogêneas de precipitação com relação as variáveis utilizadas nos critérios de avaliação da aptidão climática e, a segunda etapa, apresenta os resultados da aptidão climática por região homogênea de precipitação para as culturas da mandioca e sorgo.

### **4.1 Aspectos Climáticos das regiões homogêneas de precipitação**

#### **4.1.1 Região 1 – Litoral Ocidental**

A Tabela 3 mostra os valores mensais e anuais das principais variáveis agroclimáticas analisadas.

A temperatura média do ar variou entre 26,2°C, observado nos meses de março e abril, e 27,8°C observado no mês de novembro, com temperatura média anual de 26,9°C.

Nesta região, a precipitação anual alcançou 2197,5 mm, com os maiores volumes observados nos meses de março e abril, com 458,0 mm e 418,0 mm, respectivamente e, os menores volumes nos meses de outubro e novembro, de 8,9 e 7,1 mm, respectivamente. A partir do mês de agosto até novembro foi observado diminuições bruscas dos volumes precipitados. Entretanto, percebeu-se que no mês dezembro (53,00 mm), o volume precipitado aumentou consideravelmente em relação aos dois meses de menor chuva (outubro e novembro), indicando o provável início de período chuvoso na região.

A Evapotranspiração Potencial (ETP) e a Evapotranspiração Real (ETR) se igualaram durante os meses de janeiro a julho, variando entre 147,5 mm e 136,2 mm, respectivamente, pois durante esse período observou-se reposição e excesso de água no solo, uma vez que o total pluviométrico supera as perdas de água por evapotranspiração potencial.

Durante os meses mais secos do ano, de agosto a novembro, observou-se aumento da evapotranspiração potencial, com máxima de 165,1 mm durante o mês de dezembro e, diminuições bruscas na evapotranspiração real, com 8,9 mm no mês de novembro. Portanto, entre os meses de agosto e novembro se estabeleceu o período de deficiência de água no solo, pois a quantidade de chuva não atendeu a demanda exigida pela evapotranspiração potencial.

Observou-se, ainda, que no mês de dezembro, a evapotranspiração real aumentou para 53,3 mm, coincidindo com o início das chuvas para esta região.

Em relação ao armazenamento de água no solo (ARM), percebeu-se que os meses de janeiro a julho, foram os de maiores acúmulos (100 mm cada), indicando estabilização de período chuvoso na região. O mês de janeiro (61,2 mm) difere dos meses de maior acúmulo, indicando períodos de veranico, mas com capacidade de acúmulo de água no solo, estabelecendo o período de reposição de água.

Os períodos de déficit hídrico foram entre os meses de agosto a dezembro, sendo outubro e novembro com os maiores déficits, de 142,1 e 152,5 mm, respectivamente.

Os excessos hídricos se deram durante os meses de maior precipitação na região, ocorrendo de fevereiro a julho. Os meses de maiores excessos foram março e abril, com 325,7 e 290,9 mm, respectivamente.

**Tabela 3 - Variáveis agroclimáticas para a região 1: Litoral Ocidental.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	26,9	208,5	147,5	61,2	147,5	0,0	0,0
Fev	26,5	307,3	125,4	100,0	125,4	0,0	143,1
Mar	26,2	458,0	132,3	100,0	132,3	0,0	325,7
Abr	26,2	418,2	127,3	100,0	127,3	0,0	290,9
Mai	26,6	301,0	138,8	100,0	138,8	0,0	162,2
Jun	26,5	215,4	131,9	100,0	131,9	0,0	83,5
Jul	26,5	155,7	136,2	100,0	136,2	0,0	19,5
Ago	26,9	49,0	144,7	38,4	110,6	34,1	0,0
Set	27,1	15,4	144,8	10,5	43,3	101,5	0,0
Out	27,5	8,9	159,2	2,3	17,1	142,1	0,0
Nov	27,8	7,1	161,4	0,5	8,9	152,5	0,0
Dez	27,7	53,0	165,1	0,2	53,3	111,7	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>322,4</b>	<b>2197,5</b>	<b>1714,4</b>	<b>713,1</b>	<b>1172,5</b>	<b>541,9</b>	<b>1025,0</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>26,9</b>	<b>183,1</b>	<b>142,9</b>	<b>59,4</b>	<b>97,7</b>	<b>45,2</b>	<b>85,4</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.2 Região 2 – Baixo Parnaíba

Em análise a Tabela 4, observou-se que a temperatura média do ar para a região, alcançou média anual de 26,9°C. Os meses de outubro e novembro alcançaram os maiores valores de temperatura: 28,4 e 28,2°C, respectivamente. Por outro lado, os meses de março e

abril alcançaram os menores valores: 25,9 e 26,1°C, respectivamente. Para esta região percebeu-se que, a partir de dezembro (27,7°C), a temperatura já começou a diminuir em relação aos meses de outubro e novembro, em decorrência do início de período chuvoso.

Esta região apresentou volume de precipitação média anual da ordem de 1674,5 mm. Os maiores volumes foram observados entre os meses de março e abril: 368,2 e 344,5 mm, respectivamente. Os menores volumes foram entre os meses de agosto e setembro: 10,3 e 5,5 mm, respectivamente. Durante o mês de dezembro (93,9 mm) o volume de chuvas aumentou consideravelmente, em comparação aos meses anteriores, corroborando com a diminuição de temperatura e início de período chuvoso, descritas anteriormente.

Durante os meses de janeiro a maio, os volumes precipitados foram maiores que a evapotranspiração potencial, de forma que ETP e ETR se igualaram, variando entre 120,3 mm (fevereiro) a 143,9 mm (janeiro). Os maiores valores de ETP foram alcançados nos meses de outubro e novembro: 175,6 e 176,0 mm, respectivamente. A ETR diminuiu consideravelmente entre os meses de junho a novembro, com menor valor em setembro de 9,8 mm. A partir de dezembro (93,9 mm), a ETR aumentou em maiores proporções que os meses anteriores.

O armazenamento de água no solo alcançou os maiores volumes durante os meses de fevereiro a maio, atingindo a capacidade máxima (100 mm). Todavia, em comparação com a região 1, a região 2 tem capacidade de armazenar água por um menor número de meses, ou seja, 2 meses a menos.

Os meses de déficit hídrico apresentaram-se de junho a dezembro, com maiores déficits em setembro e outubro: 149,6 e 159,5 mm, respectivamente. A partir de dezembro (72,0 mm) o déficit diminuiu em relação aos meses mais secos do ano. Por outro lado, entre os meses de fevereiro e maio ocorreu excedente hídrico, sendo mais pronunciado nos meses de março e abril.

**Tabela 4 - Variáveis agroclimáticas para a região 2: Baixo Parnaíba.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	26,7	215,5	143,9	71,6	143,9	0,0	0,0
Fev	26,2	276,0	120,3	100,0	120,3	0,0	127,3
Mar	25,9	368,2	126,5	100,0	126,5	0,0	241,7
Abr	26,1	344,5	125,1	100,0	125,1	0,0	219,4
Mai	26,5	213,6	136,1	100,0	136,1	0,0	77,5
Jun	26,3	72,2	127,2	57,7	114,5	12,7	0,0
Jul	26,4	32,4	133,3	21,0	69,1	64,2	0,0
Ago	26,9	10,3	143,9	5,5	25,8	118,1	0,0
Set	27,8	5,5	159,4	1,2	9,8	149,6	0,0
Out	28,2	15,1	175,6	0,2	16,0	159,5	0,0
Nov	28,4	27,3	176,0	0,1	27,5	148,5	0,0
Dez	27,7	93,9	165,9	0,0	93,9	72,0	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>323,1</b>	<b>1674,5</b>	<b>1733,3</b>	<b>557,4</b>	<b>1008,7</b>	<b>724,7</b>	<b>665,8</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>26,9</b>	<b>139,5</b>	<b>144,4</b>	<b>46,4</b>	<b>84,1</b>	<b>60,4</b>	<b>55,5</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.3 Região 3 – Itapecuru Mirim

A Tabela 5 apresentou os resultados para a região 3. A média anual de temperatura do ar foi 27,0°C, sendo que em novembro e dezembro ocorreram os maiores valores de temperatura: 28,3 e 28,0°C, respectivamente, enquanto março e abril apresentaram-se com os menores valores de temperatura: 26,1 e 26,2 °C, respectivamente. Diferente das duas regiões anteriores, nesta região, as temperaturas só começaram a diminuir, de fato, a partir de janeiro (26,8°C).

O total anual médio de precipitação para a região foi de 1735,9 mm, um pouco maior que a região 2 (1674,5 mm), porém, menor que a região 1 (2197,5 mm). Os meses de maiores volumes de chuva foram março e abril: 352,0 e 326,2 mm, respectivamente, enquanto agosto e setembro apresentaram-se com os menores volumes de chuva: 14,0 e 19,3 mm, respectivamente. Para esta região, observou-se que a partir de dezembro o volume de precipitação aumentou consideravelmente em relação aos meses menos chuvosos, indicando início de período chuvoso.

Entre os meses de janeiro e maio os totais pluviométricos foram superiores a evapotranspiração potencial, o que corrobora para que os valores de ETP e ETR sejam iguais, garantindo para a região boa disponibilidade de água para o cultivo. Por outro lado, de junho a

dezembro os totais pluviométricos encontram-se aquém da evapotranspiração potencial, de forma que os valores de ETR encontram-se menores em relação a ETP, indicando baixa disponibilidade de água para o cultivo.

Os maiores valores de ETP foram alcançados nos meses de novembro e dezembro: 173,8 e 173,1 mm, respectivamente. A ETR apresentou os seus menores valores durante os meses de julho a novembro, sendo as maiores reduções observadas nos meses de setembro (24,2 mm) e outubro (29,1 mm). A partir do mês de dezembro, o valor de ETR aumentou para 106,2 mm, diferenciando-se dos meses anteriores, o que está relacionada ao início do período de chuvas.

Os maiores armazenamentos de água no solo se deram durante os meses de fevereiro a maio, com valores iguais de 100,0 mm, correspondendo a capacidade máxima de armazenamento de água. Tais resultados foram um indicativo de estabilização de chuvas nesta região. Os menores volumes armazenados foram nos meses de novembro e dezembro, quando o solo esgotou as reservas de água oriundas do período chuvoso. Observou-se que, para esta região, os aumentos de armazenamentos se iniciam, de fato, a partir de janeiro, garantindo assim o início da reposição de água no solo.

Os maiores déficits hídricos ocorreram de junho até dezembro, sendo os meses de setembro e outubro com os maiores valores: 137,4 e 139,3 mm, respectivamente. O déficit diminuiu consideravelmente a partir de dezembro (66,9 mm).

Os excessos hídricos para esta região ocorreram a partir de fevereiro, se estendendo até maio. Os meses que apresentaram maiores excessos hídricos foram março e abril: 221,9 e 199,6 mm, respectivamente.

**Tabela 5 - Variáveis agroclimáticas para a região 3: Itapecuru Mirim.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	26,8	237,8	145,9	91,9	145,9	0,0	0,0
Fev	26,3	279,1	121,8	100,0	121,8	0,0	149,2
Mar	26,1	352,0	130,0	100,0	130,0	0,0	221,9
Abr	26,2	326,2	126,6	100,0	126,6	0,0	199,6
Mai	26,5	197,3	135,7	100,0	135,7	0,0	61,6
Jun	26,6	96,6	132,6	69,8	126,8	5,7	0,0
Jul	26,6	35,3	136,9	25,3	79,9	57,0	0,0
Ago	27,2	14,0	150,0	6,5	32,8	117,2	0,0
Set	27,9	19,3	161,6	1,6	24,2	137,4	0,0
Out	27,9	27,9	168,4	0,4	29,1	139,3	0,0
Nov	28,3	44,2	173,8	0,1	44,5	129,3	0,0
Dez	28,0	106,2	173,1	0,1	106,2	66,9	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>324,4</b>	<b>1735,9</b>	<b>1756,5</b>	<b>595,7</b>	<b>1103,7</b>	<b>652,8</b>	<b>632,2</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>27,0</b>	<b>144,7</b>	<b>146,4</b>	<b>49,6</b>	<b>92,0</b>	<b>54,4</b>	<b>52,7</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.4 Região 4 - Baixada

De acordo com a Tabela 6, a temperatura média anual para a região foi de 27,1°C. As maiores temperaturas ocorreram entre os meses de outubro e novembro: 28,0 e 28,2°C, respectivamente. Apesar de dezembro já ter apresentado queda de temperatura (27,7°C), percebeu-se que as menores temperaturas ocorreram a partir de janeiro, quando o período chuvoso já se encontrava estabelecido.

A precipitação média anual para esta região foi de 1854,1 mm. Os maiores totais pluviométricos foram observados de janeiro a maio, sendo os meses de março e abril os mais chuvosos, com os maiores volumes de chuva: 359,0 e 346,2 mm, respectivamente. Os meses de menores precipitações foram agosto e setembro: 22,5 e 20,9 mm, respectivamente. A partir de dezembro (118,0 mm) o volume de chuvas já aumentou na região, indicando o provável início do período chuvoso.

Durante o período chuvoso a ETP e ETR se igualam, caracterizando o período de reposição e excesso de água no solo, configurando-se entre os meses de janeiro e maio. Os meses de outubro e novembro mostraram-se com maiores valores de ETP: 170,8 e 171,4 mm, respectivamente, com ligeira queda a partir de dezembro (166,0 mm). Ocorreram diminuições consideráveis da ETR entre os meses de julho a novembro, sendo o menor valor alcançado no



mês de setembro (26,4 mm). A ETR aumentou vertiginosamente a partir do mês de dezembro (118,1 mm), em comparação com os meses anteriores.

Os meses de estabilidade de armazenamento de água no solo foram de janeiro a maio, com valor fixo de 100,0 mm, referente a capacidade máxima de armazenamento de água. Os meses com menor armazenamento de água foram novembro e dezembro, com 0,1 mm, cada.

Os déficits hídricos ocorreram de junho a dezembro, sendo outubro o mês com maior déficit (137,5 mm). A partir de dezembro (48,0 mm) percebeu-se diminuição brusca no déficit hídrico para esta região, em decorrência do início das chuvas. Os meses de excesso hídrico ocorreram de janeiro até maio, sendo os meses de março e abril os mais problemáticos, com excessos 225,1 e 215,8 mm, respectivamente.

**Tabela 6 - Variáveis agroclimáticas para a região 4: Baixada.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	26,7	254,7	143,8	100,0	143,8	0,0	11,0
Fev	26,3	296,1	121,8	100,0	121,8	0,0	174,3
Mar	26,3	359,0	133,9	100,0	133,9	0,0	225,1
Abr	26,4	346,2	130,4	100,0	130,4	0,0	215,8
Mai	26,9	218,2	143,9	100,0	143,9	0,0	74,3
Jun	26,7	91,6	134,4	65,2	126,4	8,0	0,0
Jul	26,6	47,1	136,7	26,6	85,7	51,0	0,0
Ago	27,2	22,5	149,9	7,4	41,7	108,2	0,0
Set	27,7	20,9	157,1	1,9	26,4	130,6	0,0
Out	28,0	31,9	170,8	0,5	33,3	137,5	0,0
Nov	28,2	47,9	171,4	0,1	48,2	123,2	0,0
Dez	27,7	118,0	166,0	0,1	118,1	48,0	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>324,7</b>	<b>1854,1</b>	<b>1760,2</b>	<b>601,8</b>	<b>1153,6</b>	<b>606,6</b>	<b>700,5</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>27,1</b>	<b>154,5</b>	<b>146,7</b>	<b>50,2</b>	<b>96,1</b>	<b>50,5</b>	<b>58,4</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.5 Região 5 – Médio Mearim/Açailândia

A média anual de temperatura do ar na região foi de 26,5°C, conforme estabelecido na Tabela 7. Os meses mais quentes do ano foram setembro e outubro, onde as temperaturas médias alcançaram respectivamente 28,2 e 28,5°C. Os meses de março e junho se igualaram em relação à menor temperatura, 25,5°C.

Nessa região a precipitação anual foi da ordem de 1.177,1 mm, com precipitação média bem menor em relação às regiões já citadas anteriormente. Os meses mais chuvosos são fevereiro e março, com volumes de 199,0 e 236,08 mm, respectivamente. Observou-se diminuição no volume precipitado de maio até novembro, sendo que julho foi o mês de menor precipitação, com apenas 6,9 mm.

A ETP e ETR se igualaram de janeiro até abril, sendo observado em outubro o maior valor de ETP, 182,6 mm. As diminuições bruscas de ETR ocorreram de junho a novembro, com menor valor durante o mês de agosto (17,5 mm). A partir de dezembro observou-se aumentos consideráveis na ETR (138,7 mm).

Os meses com estabilização de armazenamento de água foram fevereiro, março e abril, com valor fixo de 100,0 mm, quando o solo atingiu capacidade máxima de armazenamento de água. De maio até outubro ocorreram diminuições nos valores de armazenamento. Para o mês de outubro, percebeu-se o armazenamento de apenas 0,1 mm. Apesar das temperaturas diminuírem e, o volume precipitado aumentar durante os meses de novembro e dezembro, não houve armazenamento de água durante os dois últimos meses do ano e, apenas em janeiro ocorreu o início do armazenamento (49,8 mm), característico do período de reposição.

Os meses de déficits hídricos se deram de maio até dezembro, sendo os maiores déficits ocorridos nos meses de setembro e outubro, com 149,0 e 144,4 mm, respectivamente. Em novembro e dezembro a deficiência hídrica diminuiu para 89,1 e 11,0 mm, respectivamente. Essa região apresentou excesso hídrico apenas durante os meses de fevereiro, março e abril, sendo março o mês com maior excesso (115,9 mm).

**Tabela 7 - Variáveis agroclimáticas para a região 5: Médio Mearim/Açailândia.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	25,9	179,8	130,1	49,8	130,1	0,0	0,0
Fev	25,6	199,0	111,8	100,0	111,8	0,0	37,0
Mar	25,5	236,8	120,9	100,0	120,9	0,0	115,9
Abr	25,8	187,5	120,9	100,0	120,9	0,0	66,6
Mai	25,7	69,0	121,8	59,0	110,0	11,8	0,0
Jun	25,5	16,2	113,6	22,3	52,9	60,7	0,0
Jul	25,7	6,9	120,7	7,1	22,0	98,7	0,0
Ago	26,9	12,3	144,0	1,9	17,5	126,5	0,0
Set	28,2	17,4	167,9	0,4	18,9	149,0	0,0
Out	28,5	37,8	182,6	0,1	38,1	144,4	0,0
Nov	27,9	75,7	164,9	0,0	75,8	89,1	0,0
Dez	26,9	138,7	149,7	0,0	138,7	11,0	0,0
TOTAIS	318,1	1177,1	1648,9	440,7	957,6	691,3	219,5
MÉDIAS	26,5	98,1	137,4	36,7	79,8	57,6	18,3

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.6 Região 6 - Cocais

A temperatura média para esta região foi de 27,6°C (Tabela 8). Os meses de setembro, outubro e novembro alcançaram as maiores temperaturas: 29,1, 29,8 e 29,7°C, respectivamente. As menores temperaturas do ar foram 26,3 a 26,7°C, observadas nos meses de março a julho, respectivamente. A partir do mês de dezembro a temperatura do ar apresenta leve diminuição, 28,6°C, em relação aos meses anteriores.

A precipitação anual para esta região foi de 1517,9 mm. Os meses de março e abril apresentaram os maiores volumes de chuva, de 353,0 e 298,2 mm, respectivamente. As quedas nas precipitações ocorrem de junho a novembro, sendo setembro o mês com o menor total pluviométrico, apenas 9,5 mm.

Durante os meses mais chuvosos a ETP e ETR se igualaram, com valores variando entre 126,2 a 154,2 mm, observados de janeiro a maio. O mês de outubro alcançou a maior ETP, com 221,0 mm. As diminuições bruscas na ETR ocorreram de junho a novembro, com variações de 11,8 (setembro) a 93,8 mm (junho). A partir de dezembro observou-se aumento súbito da ETR, de 127,5 mm em relação aos meses anteriores.

A capacidade máxima de armazenamento de água no solo aconteceu nos meses de fevereiro a maio. As diminuições bruscas no armazenamento apresentaram-se durante os

meses de junho a outubro, com outubro apresentando a menor capacidade de armazenamento, de apenas 0,1 mm. Por outro lado, os meses de déficits hídricos ocorreram entre junho e dezembro, tendo o mês de outubro com o maior déficit, de 194,9 mm. A partir de dezembro o déficit diminui para 62,2 mm, conforme mostra a Tabela 8. O período com excesso hídrico ficou representado pelos meses de fevereiro, março e abril, sendo março o mês de maior excesso, com 220,9 mm.

**Tabela 8 - Variáveis agroclimáticas para a região 6: Cocais.**

<b>Decêndios</b>	<b>T</b> <b>(°C)</b>	<b>P</b> <b>(mm)</b>	<b>ETP</b> <b>(mm)</b>	<b>ARM</b> <b>(mm)</b>	<b>ETR</b> <b>(mm)</b>	<b>DEF</b> <b>(mm)</b>	<b>EXC</b> <b>(mm)</b>
Jan	27,2	215,9	154,2	61,7	154,2	0,0	0,0
Fev	26,6	242,1	126,2	100,0	126,2	0,0	77,6
Mar	26,3	353,0	132,1	100,0	132,1	0,0	220,9
Abr	26,5	298,2	130,4	100,0	130,4	0,0	167,8
Mai	26,8	143,3	139,6	100,0	139,6	0,0	3,7
Jun	26,5	32,2	128,0	38,4	93,8	34,2	0,0
Jul	26,7	16,3	136,3	11,6	43,1	93,2	0,0
Ago	27,7	14,9	159,7	2,7	23,7	135,9	0,0
Set	29,1	9,5	191,6	0,4	11,8	179,8	0,0
Out	29,8	25,7	221,0	0,1	26,1	194,9	0,0
Nov	29,7	39,3	213,2	0,0	39,4	173,9	0,0
Dez	28,6	127,5	189,7	0,0	127,5	62,2	0,0
TOTAIS	331,5	1517,9	1921,9	514,9	1047,9	874,1	470,0
MÉDIAS	27,6	126,5	160,2	42,9	87,3	72,8	39,2

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.7 Região 7 - Imperatriz

Em análise a Tabela 9, observou-se que a temperatura média para a localidade foi de 27,3°C. As maiores temperaturas foram alcançadas durante os meses de agosto, setembro e outubro, com oscilações de 28,3 até 28,8°C. Apesar de dezembro apresentar diminuição de temperatura para 27,2°C, foi apenas em janeiro que se observou, de fato, queda na temperatura de 26,6°C.

A precipitação anual para esta região (1516,3 mm) ficou muito próxima da região 6 (1517,9 mm). Os meses de maiores precipitações foram fevereiro e março, com 220,7 e 295,8 mm, respectivamente. As diminuições bruscas nos volumes de chuvas se deram entre os meses de maio a outubro, sendo julho o mês de menor chuva (6,5 mm).

ETP e ETR se igualaram durante os meses de janeiro a abril, com variações de 127,6 a 142,2 mm. O maior valor de ETP foi alcançado em setembro, com 182,9 mm. As diminuições bruscas de ETR se deram durante os meses de junho a outubro, sendo a maior diminuição de ETR ocorrida em outubro (70,9 mm). Durante os meses de novembro e dezembro a ETR apresentou aumento de 117,8 e 155,4 mm, respectivamente.

Assim como na região 4, mostrada na Tabela 5, a região 7 apresentou armazenamento de água no solo também durante o mês de janeiro, com valor estabilizado até o mês de abril, bem como, valor fixo de 100,0 mm. Ocorreram quedas no armazenamento durante os meses de maio a outubro, com o menor volume armazenado em outubro (0,1 mm). O solo voltou a armazenar água no mês de dezembro, conforme mostra a Tabela 9, com 35,1 mm de armazenamento.

Os meses de déficits hídricos ocorreram entre maio e novembro, sendo agosto o mês com maior déficit (161,7 mm). Por outro lado, os meses de excesso hídrico ocorreram entre janeiro e abril. O mês com maior excesso hídrico foi março (166,4 mm).

**Tabela 9 - Variáveis agroclimáticas para a região 7: Imperatriz.**

<b>Decêndios</b>	<b>T</b> <b>(°C)</b>	<b>P</b> <b>(mm)</b>	<b>ETP</b> <b>(mm)</b>	<b>ARM</b> <b>(mm)</b>	<b>ETR</b> <b>(mm)</b>	<b>DEF</b> <b>(mm)</b>	<b>EXC</b> <b>(mm)</b>
Jan	26,6	253,0	142,2	100,0	142,2	0,0	45,9
Fev	26,6	220,7	127,6	100,0	127,6	0,0	93,1
Mar	26,1	295,8	129,4	100,0	129,4	0,0	166,4
Abr	26,6	206,5	133,3	100,0	133,3	0,0	73,2
Mai	27,2	91,9	148,8	56,6	135,3	13,5	0,0
Jun	27,1	14,7	140,6	16,1	55,2	85,4	0,0
Jul	27,2	6,5	147,2	3,9	18,6	128,6	0,0
Ago	28,3	9,1	174,0	0,8	12,3	161,7	0,0
Set	28,8	39,0	182,9	0,2	39,6	143,3	0,0
Out	28,4	70,8	181,1	0,1	70,9	110,2	0,0
Nov	27,8	117,8	162,9	0,0	117,8	45,0	0,0
Dez	27,2	190,5	155,4	35,1	155,4	0,0	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>327,9</b>	<b>1516,3</b>	<b>1825,4</b>	<b>512,8</b>	<b>1137,7</b>	<b>687,7</b>	<b>378,6</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>27,3</b>	<b>126,4</b>	<b>152,1</b>	<b>42,7</b>	<b>94,8</b>	<b>57,3</b>	<b>31,5</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.8 Região 8 – Chapada do Alto Itapecuru

A Tabela 10 mostrou que essa região apresentou menor temperatura média em relação às regiões citadas anteriormente, com valor de 26,4°C, um pouco menor que o valor mostrado para a região 5, Tabela 6. O mês de outubro apresentou a maior temperatura do ar, com valor de 28,3°C e, o mês de julho apresentou a menor temperatura do ar, com valor de 25,4°C.

A precipitação anual alcançou 1315,0 mm, sendo os maiores totais precipitações observadas entre os meses de janeiro a abril, sendo que março apresentou o maior volume de chuva, com 280,3 mm. Ocorreram quedas nos volumes precipitados entre os meses de maio a agosto, sendo que o mês de julho apresentou a menor precipitação (6,6 mm). Observou-se aumentos crescentes entre os meses de setembro a dezembro, com aumento considerável durante o mês de dezembro (147,0 mm).

Os valores de ETP e ETR se igualaram durante os meses de janeiro a abril, com oscilações entre 115,8 até 132,9 mm. O maior valor de ETP foi alcançado no mês de outubro (177,9 mm). As diminuições bruscas na ETR ocorreram nos meses de junho, julho e agosto, com valores de 50,5, 20,6 e 12,1 mm, respectivamente. De setembro até dezembro, a ETR aumentou consideravelmente, chegando, em dezembro a um valor de 144,5 mm.

Os três meses de maior armazenamento foram fevereiro, março e abril, apresentando valores estabilizados e fixos de 100,0 mm. De maio até novembro o armazenamento decaiu para 56,5 mm no mês de maio, até chegar no valor de 0,1 mm no mês de novembro. O armazenamento voltou a apresentar ligeiro aumento durante o mês de dezembro, com valor de 2,6 mm.

Os déficits hídricos ocorreram entre os meses de maio a novembro, com variações entre 13,6 mm para o mês de maio, até 131,3 mm para o mês de setembro. Entretanto, aqueles que foram mais severos foram os ocorridos entre os meses de junho (62,7 mm) a setembro. Por outro lado, ocorreu excesso hídrico em fevereiro, março e abril, sendo março o mês com maior excesso (153,5 mm).

**Tabela 10 - Variáveis agroclimáticas para a região 8: Chapada do Alto Itapecuru.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	26,0	195,5	132,9	65,3	132,9	0,0	0,0
Fev	25,8	190,3	115,8	100,0	115,8	0,0	39,7
Mar	25,8	280,3	126,8	100,0	126,8	0,0	153,5
Abr	26,0	205,7	124,5	100,0	124,5	0,0	81,2
Mai	26,0	69,9	126,9	56,5	113,4	13,6	0,0
Jun	25,5	15,2	113,2	21,2	50,5	62,7	0,0
Jul	25,4	6,6	115,1	7,2	20,6	94,5	0,0
Ago	26,4	6,9	133,8	2,0	12,1	121,8	0,0
Set	27,9	28,3	161,0	0,5	29,8	131,3	0,0
Out	28,3	69,1	177,9	0,2	69,5	108,5	0,0
Nov	27,6	100,2	159,0	0,1	100,3	58,7	0,0
Dez	26,6	147,0	144,5	2,6	144,5	0,0	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>317,3</b>	<b>1315,0</b>	<b>1631,4</b>	<b>455,6</b>	<b>1040,5</b>	<b>590,9</b>	<b>274,5</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>26,4</b>	<b>109,6</b>	<b>136,0</b>	<b>38,0</b>	<b>86,7</b>	<b>49,2</b>	<b>22,9</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.9 Região 9 – Chapada das Mangabeiras

Em análise a Tabela 11, percebeu-se que a região 9, apresentou a menor temperatura média dentre as 10 regiões analisadas, com valor de 25,8°C. A maior temperatura foi alcançada durante o mês de setembro, com valor de 27,8°C. A menor temperatura ocorreu durante o mês de janeiro, com valor de 24,8°C.

Também foi observado menor precipitação anual para esta localidade (1050,3 mm), sendo o menor valor dentre as 10 regiões analisadas. A maior precipitação ocorreu durante o mês de março (191,6 mm) e, a menor precipitação ocorreu no mês de agosto (3,2 mm).

A ETP e ETR durante os meses de janeiro a abril foram iguais em decorrência dos totais de pluviométricos mais elevados em relação a ETP e o armazenamento de água no solo máximo, com oscilações entre 111,5 até 118,5 mm. O maior valor de ETP foi alcançado durante o mês de setembro (158,4 mm). As diminuições bruscas na ETR ocorreram durante os meses de maio a agosto, passando de 99,9 mm no mês de maio, para 7,6 mm no mês agosto, sendo o menor valor de ETR. Os valores de ETR voltaram a aumentar nos meses de novembro e dezembro: 113,6 e 122,6 mm, respectivamente.

Os meses de déficits hídricos ocorreram entre maio e novembro. Entretanto observou-se que os meses mais críticos foram agosto e setembro, com déficits de 132,4 e 139,0 mm,

respectivamente. Em novembro o déficit diminuiu para 17,4 mm, período no qual coincidiu com o aumento de precipitação na região. Os excessos hídricos para esta região ocorreram durante os meses de fevereiro, março e abril, com valores de 36,9, 73,1 e 1,6 mm, respectivamente.

**Tabela 11 - Variáveis agroclimáticas para a região 9: Chapada das Mangabeiras.**

<b>Decêndios</b>	<b>T</b> <b>(°C)</b>	<b>P</b> <b>(mm)</b>	<b>ETP</b> <b>(mm)</b>	<b>ARM</b> <b>(mm)</b>	<b>ETR</b> <b>(mm)</b>	<b>DEF</b> <b>(mm)</b>	<b>EXC</b> <b>(mm)</b>
Jan	24,8	188,5	114,4	95,5	114,4	0,0	0,0
Fev	25,4	152,9	111,5	100,0	111,5	0,0	36,9
Mar	25,2	191,6	118,5	100,0	118,5	0,0	73,1
Abr	25,5	119,2	117,6	100,0	117,6	0,0	1,6
Mai	25,4	51,1	118,0	51,2	99,9	18,1	0,0
Jun	25,4	6,3	113,0	17,6	39,9	73,1	0,0
Jul	25,2	5,0	113,3	6,0	16,7	96,7	0,0
Ago	26,7	3,2	140,0	1,5	7,6	132,4	0,0
Set	27,8	18,3	158,4	0,4	19,4	139,0	0,0
Out	27,1	56,7	152,1	0,1	57,0	95,1	0,0
Nov	26,1	113,6	131,0	0,1	113,6	17,4	0,0
Dez	25,3	143,8	122,6	21,4	122,6	0,0	0,0
TOTAIS	309,9	1050,3	1510,4	493,9	938,7	571,7	111,6
MÉDIAS	25,8	87,5	125,9	41,2	78,2	47,6	9,3

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.1.10 Região 10 – Gerais de Balsas

A Tabela 12 mostrou os resultados obtidos para a região 10. A temperatura média do ar foi de 26,7°C. A maior temperatura foi alcançada durante o mês de setembro, com valor de 28,8°C. As menores temperaturas foram alcançadas durante os meses de janeiro e fevereiro, com valores bem próximos de 25,8 e 25,9°C, respectivamente.

A precipitação anual para esta região foi de 1232,5 mm. O mês de março apresentou a maior precipitação, com valor de 206,0 mm, seguido do mês de abril, com 134,8 mm. O menor volume de chuva ocorreu no mês de julho, com 2,3 mm.

Entre os meses de janeiro até abril a ETP e ETR se igualaram, com variações entre 117,5 até 131,0 mm. O maior valor de ETP foi encontrado no mês de setembro, com 181,2 mm. A ETP diminuiu nos meses de novembro e dezembro para valores de 142,9 e 133,1 mm, respectivamente. As diminuições bruscas de ETR ocorreram durante os meses de junho a



agosto, chegando ao menor valor durante o mês de agosto (6,9 mm). A partir do mês de setembro, a ETR apresentou aumentos, chegando a 133,1 mm nos meses de novembro e dezembro.

Os meses de déficits hídricos ocorreram entre maio a novembro, sendo que o maior déficit ocorreu no mês de setembro, com 153,0 mm e, o menor déficit hídrico ocorreu no mês de novembro, com 9,8 mm. Os excessos hídricos para esta região ocorreram entre os meses de janeiro a abril. O mês de maior excesso foi março, com 77,8 mm, coincidindo com o período de maior precipitação na região. O mês de abril apresentou o menor excesso, com valor de 3,8 mm.

**Tabela 12 - Variáveis agroclimáticas para a região 10: Gerais de Balsas.**

<b>Decêndios</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ARM (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
Jan	25,8	195,9	129,4	100,0	129,4	0,0	35,2
Fev	25,9	178,9	117,5	100,0	117,5	0,0	61,4
Mar	25,9	206,0	128,2	100,0	128,2	0,0	77,8
Abr	26,4	134,8	131,0	100,0	131,0	0,0	3,8
Mai	26,6	46,0	136,9	40,3	105,7	31,2	0,0
Jun	26,3	4,0	125,3	12,0	32,3	92,9	0,0
Jul	26,2	2,3	127,3	3,4	10,9	116,5	0,0
Ago	27,5	4,2	154,5	0,8	6,9	147,6	0,0
Set	28,8	27,6	181,2	0,2	28,2	153,0	0,0
Out	28,1	98,0	173,7	0,1	98,1	75,6	0,0
Nov	26,8	133,1	142,9	0,1	133,1	9,8	0,0
Dez	26,0	201,7	133,1	68,7	133,1	0,0	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>320,3</b>	<b>1232,5</b>	<b>1680,9</b>	<b>525,5</b>	<b>1054,3</b>	<b>626,6</b>	<b>178,2</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>26,7</b>	<b>102,7</b>	<b>140,1</b>	<b>43,8</b>	<b>87,9</b>	<b>52,2</b>	<b>14,9</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

## 4.2 Aptidão climática

### 4.2.1 Mandioca

A aptidão climática para o cultivo da mandioca no estado do Maranhão foi baseada em indicadores associados às exigências hídricas, obtidas a partir do balanço de água no solo aplicados em cada uma das 10 regiões homogêneas de precipitação, conforme análise supracitada.

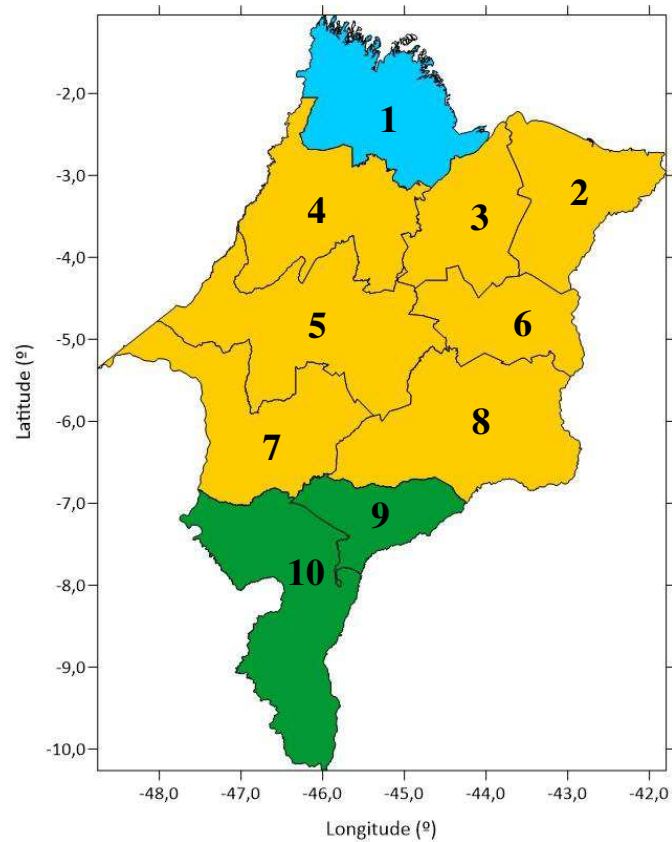
As condições de aptidão climática, baseadas nos índices hídricos, para o cultivo da mandioca no estado do Maranhão em suas regiões homogêneas de precipitação estão representadas na Figura 2. Não há restrições térmicas para o cultivo da mandioca nas referidas regiões, pois segundo Alves (2006), a cultura pode tolerar temperaturas do ar entre 16°C e 38°C, portanto, onde se encontram os valores médios de temperatura do ar observados nas regiões homogêneas de precipitação.

A região R1, localizada na parte ocidental do estado, caracterizou-se como a mais chuvosa, tendo o índice hídrico atingido o valor de 40,8, que, na classificação aplicada, corresponde ao tipo climático úmido-B2, definido por Menezes (2009). Levando em consideração também a classificação de Thornthwaite e, de acordo com as exigências climáticas da cultura da mandioca, a localidade foi classificada como uma região com aptidão moderada para o cultivo, em função do excesso hídrico característico dessa região.

Nas regiões R2 até a R8, que cobrem grande parte do estado, o índice hídrico ficou entre -10 e 40, neste intervalo são encontrados tipos climáticos úmidos-B1, predominantes nas regiões R3 e R4, subúmido-C2, observados nas regiões R2, R5 e R6 e subúmido seco-C1, nas regiões R7 e R8, conforme descrito em Menezes (2009). Por esta classificação essas regiões apresentaram aptidão plena para o cultivo da mandioca, porém podendo apresentar período chuvoso mais prolongado.

Nas regiões R9 e R10, segundo Menezes (2009), predomina o tipo climático C1, subúmido seco, com índice hídrico predominantemente negativo, variando entre -10 e -35 na escala de classificação, o que estabelece para estas regiões a aptidão plena para o cultivo da mandioca.

**Figura 2. Aptidão climática para o cultivo da mandioca no estado do Maranhão por região homogênea de precipitação segundo índice hídrico.**



RHPS	Iu	Ia	Im	CONDIÇÃO DE APTIDÃO PARA MANDIOCA
1	59,8	31,6	40,8	Aptidão Moderada por excesso hídrico
2	38,4	41,8	13,3	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
3	36,0	37,2	13,7	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
4	39,8	34,5	19,1	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
5	15,3	38,5	-7,8	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
6	30,0	39,7	6,2	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
7	24,1	34,7	3,2	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
8	18,4	34,9	-2,5	Aptidão Plena, podendo apresentar período chuvoso prolongado
9	7,4	37,9	-15,3	Aptidão Plena
10	10,6	37,3	-11,8	Aptidão Plena

Fonte: ALMEIDA (2019).

#### 4.2.2 Sorgo

Assim como a mandioca, o estado do Maranhão não apresentou limitações quanto ao aspecto térmico, uma vez que as temperaturas médias do ar se encontraram dentro dos limites exigidos pela cultura do sorgo. A temperatura do ar considerada ideal para o cultivo do sorgo depende da cultivar, porém observou-se que as temperaturas do ar, em todas as regiões analisadas, foram normalmente superiores a 21°C, que são importantes para o crescimento e desenvolvimento da cultura (MAPA, 2019).

Por outro lado, em relação as condições hídricas, a disponibilidade de água variou em função da época de plantio, e, por conseguinte, as faixas de aptidão climática também mudaram, conforme identificado nas Tabelas 13 a 18.

Na Tabela 13, ponto de partidas das análises, as datas de plantio foram relacionadas ao início do período de chuvas ou estação de crescimento, definidas em Menezes (2009). De acordo com o critério utilizado para a avaliação da aptidão climáticas, as regiões R1 a R6, para o período produtivo de janeiro a abril, os excedentes hídricos acumulados durante esses 4 meses do ciclo (120 dias), foram superiores a 300 mm, com exceção da região R5, onde o excesso ficou abaixo de 300 mm. Desta forma, as regiões R1, R2, R3, R4 e R6 apresentaram aptidão climática restrita devido ao excesso hídrico nos 4 meses do ciclo produtivo para o cultivo do sorgo. Nessas regiões os totais pluviométricos, de janeiro a abril foram superiores a 1000 mm.

A região R5 também apresentou aptidão climática restrita para o cultivo do sorgo, uma vez que o excedente hídrico totalizou 152 mm nos três primeiros meses do ciclo produtivo, dentro, portanto, do limite exigido pela cultura, porém com restrição no último mês, uma vez que a relação entre a precipitação e a evapotranspiração foi superior a 1, o que indica a possibilidade de excesso também na última fase do ciclo, o que pode comprometer a colheita. Para o ciclo produtivo de novembro a fevereiro, nas regiões R7 e R8, e de outubro a janeiro, na região R10, observou-se grande restrição hídrica no primeiro mês de plantio, com deficiência de água no solo acima de 20 mm, o que pode comprometer a germinação, sendo, portanto, para estes períodos, regiões inaptas por não atenderem as necessidades hídricas para o cultivo do sorgo. Na região R9, para o período produtivo de novembro a fevereiro, também

foi observado deficiência hídrica, porém abaixo de 20 mm, o que estabeleceu nível de aptidão restrita para o cultivo do sorgo.

**Tabela 13 - Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (outubro a janeiro).**

RHPS	PLANTIO	PRP4/ ETP4	PRP 1234	EXC 1234	EXC 123	DEF 1,2,3	CONDIÇÃO DE APTIDÃO
1	JAN	3,3	1392,0	759,8	468,9	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
2	JAN	2,8	1204,2	588,3	368,9	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
3	JAN	2,6	1195,0	570,6	371,1	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
4	JAN	2,7	1256,0	626,2	410,3	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
5	JAN	1,6	803,1	219,5	152,8	0,0	Restrita - Por excesso no último mês
6	JAN	2,3	1109,2	466,4	298,6	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
7	NOV	1,7	782,0	139,0	45,9	45 (1)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
8	NOV	1,6	633,0	39,7	0,0	58 (1)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
9	NOV	1,4	598,9	36,9	0,0	17 (1)	Restrita - Por deficiência hídrica
10	OUT	1,5	628,7	35,2	0,0	75 (1)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Adiantando o plantio para o mês seguinte em relação a Tabela 13, conforme mostrado na Tabela 14, a disponibilidade hídrica para o cultivo do sorgo aumentou, com excesso hídrico elevado, acima de 300 mm, nos 4 meses (fevereiro a maio) do ciclo produtivo das regiões R1, R2, R3, R4 e R6, com período chuvoso prolongado, uma vez que no quarto mês observou-se que a relação P4/ETP4 foi maior que 1.

Na região R5, observou-se que há redução do excesso hídrico nos 3 meses iniciais do ciclo produtivo (fevereiro a abril), porém ainda ligeiramente acima do limite exigido para a aptidão plena, que é de até 200 mm, sendo, portanto, a razão para a condição de aptidão restrita, uma vez que no quarto mês a relação entre P e ETP foi abaixo de 1, indicando boas condições para a colheita. Por outro lado, observou-se que nas regiões R7, R8 e R9, para o período produtivo de dezembro a março e na região R10, com período produtivo de novembro a fevereiro, os excedentes hídricos observados nos três meses iniciais, encontraram-se dentro da faixa de aptidão plena, ou seja, abaixo de 200 mm, porém no último mês a relação entre P e ETP foi superior a 1, indicando período chuvoso prolongado o que pode comprometer a colheita. Dessa forma, não houve aptidão plena para o cultivo do sorgo em todas as regiões analisadas do estado para os períodos supracitados, justamente em decorrência dos excedentes

hídricos observados nos quatro meses, ou, nos três meses iniciais, ou ainda, no último mês do ciclo produtivo.

**Tabela 14 - Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (novembro a fevereiro).**

RHPS	PLANTIO	PRP4/ETP4	PRP1234	EXC1234	EXC123	DEF1,2,3	CONDIÇÃO DE APTIDÃO
R1	FEV	2,2	1484,5	922,0	759,8	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R2	FEV	1,6	1202,3	665,8	588,3	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R3	FEV	1,5	1154,5	632,2	570,6	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R4	FEV	1,5	1219,5	689,5	615,1	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R5	FEV	0,6	692,3	219,5	219,5	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R6	FEV	1,0	1036,6	470,0	466,4	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R7	DEZ	2,3	960,0	305,4	139,0	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R8	DEZ	2,2	813,1	193,3	39,7	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R9	DEZ	1,6	676,9	110,0	36,9	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R10	NOV	1,5	709,6	96,6	35,2	9,7 (1)	Restrita - Por excesso hídrico

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

As mesmas restrições foram mantidas para plantios realizados um mês após a última simulação descrita na Tabela 14, conforme mostrado na Tabela 15, ou seja, a predominância de excesso hídrico nos três meses iniciais do ciclo produtivo, porém se observou redução da disponibilidade hídrica nas fases de maturação e colheita. Houve, portanto, aptidão restrita para o cultivo do sorgo nas regiões R1, R2, R3, R4 e R6 (período produtivo de março a junho) e na região R7 (período produtivo de janeiro a abril) por excesso hídrico acentuado nos 4 meses, ou, 3 meses do ciclo produtivo.

A aptidão também foi restrita para a região R5, pois observou-se deficiência hídrica moderada no terceiro mês do cultivo, o que coincidiu com a fase de floração e enchimento de grãos, em que não pode haver restrição hídrica para a cultura. Para a região R8 (período de janeiro a abril) e R10 (período de dezembro a março) observou-se aptidão restrita para o cultivo do sorgo em decorrência das chuvas do último mês do ciclo serem maiores que as perdas de água por evapotranspiração, que coincidirá com as fases de maturação e colheita. Por outro lado, a região R9, para o período de janeiro a abril, apresentou plenas condições hídricas para o cultivo do sorgo.

**Tabela 15 - Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (dezembro a março).**

RHPS	PLANTIO	PRP4/ ETP4	PRP 1234	EXC 1234	EXC 123	DEF 1,2,3	CONDIÇÃO DE APTIDÃO
R1	MAR	1,6	1392,6	862,4	778,9	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R2	MAR	0,6	998,5	538,6	538,6	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R3	MAR	0,7	972,1	483,0	483,0	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R4	MAR	0,7	1015,0	515,2	515,2	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R5	MAR	0,1	509,5	182,5	182,5	12 (3)	Restrita – Por deficiência hídrica
R6	MAR	0,3	826,7	392,4	392,4	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R7	JAN	1,5	976,0	378,6	305,4	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R8	JAN	1,7	871,8	274,5	193,3	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R9	JAN	0,9	652,2	111,6	110,0	0,0	Plena
R10	DEZ	1,6	782,5	174,4	96,6	0,0	Restrita - Por excesso hídrico

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Para o plantio começando no mês de abril, conforme mostrado na Tabela 16, nas regiões de R1 a R6 observou-se excesso hídrico acentuado em R1, com totais acima de 300 mm, e moderados nas regiões R2 (com deficiência moderada no terceiro mês do ciclo), R3 e R4 e, leves nas regiões R5 e R6, neste caso, com deficiências hídricas acentuadas no último e no terceiro mês do ciclo acima de 20 mm. Portanto, a aptidão é restrita por excesso hídrico nas regiões R1, R3 e R4. Na região R2, além do excesso moderado nos três primeiros meses do ciclo, tem-se a restrição hídrica no terceiro mês, que corresponderá a fase de floração e enchimento dos grãos.

Nas regiões R5 e R6, muito embora as condições hídricas sejam satisfeitas em quase todos os meses, a deficiência hídrica acentuada, acima de 20 mm, no terceiro mês, enquadra essas regiões na condição de inaptidão para o cultivo se realizado no período de abril a julho. Nas regiões R7 e R8, para o período de fevereiro a maio, a aptidão para o cultivo do sorgo é restrita pelos excessos hídricos acentuados, acima de 300 mm e entre 200 e 300 mm, respectivamente. Por outro lado, para a regiões R9 (período de fevereiro a maio) e R10 (período de janeiro a abril) foi observado plenas condições hídricas para o cultivo do sorgo em todas as fases do ciclo produtivo.

**Tabela 16 - Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (janeiro a abril).**

RHPS	PLANTIO	PRP4/ ETP4	PRP 1234	EXC 1234	EXC 123	DEF 1,2,3	CONDIÇÃO DE APTIDÃO
R1	ABR	1,1	1090,3	556,2	536,7	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R2	ABR	0,2	662,7	296,9	296,9	12,7 (3)	Restrita – Por excesso e deficiência
R3	ABR	0,3	655,5	261,1	261,1	5,7	Restrita – Por excesso
R4	ABR	0,3	703,1	290,2	290,2	8,0	Restrita – Por excesso
R5	ABR	0,1	279,6	66,6	66,6	60 (3)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R6	ABR	0,1	490,0	171,5	171,5	34 (3)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R7	FEV	0,6	814,9	332,7	332,7	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R8	FEV	0,6	746,2	274,5	274,5	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R9	FEV	0,4	514,8	111,6	111,6	0,0	Aptidão Plena
R10	JAN	1,0	715,6	178,2	174,4	0,0	Aptidão Plena

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O cultivo do sorgo a partir de maio, Tabela 17, nas regiões R2, R3, R4, R5 e R6 não foi apto, pois foi observado deficiências hídricas acentuadas, principalmente no terceiro mês do ciclo, correspondendo a fase de floração e enchimento dos grãos. Por outro lado, na região R1, que apresentou períodos chuvosos não prolongados, a restrição para o cultivo está associada ao excesso hídrico, ainda elevado. Para o plantio a partir do mês de março, nas regiões R7 e R8 a aptidão foi restrita pelo excesso hídrico moderado, entre 200 mm e 300 mm, observado nos três primeiros meses do ciclo produtivo, enquanto na região R9 a aptidão foi restrita por deficiência hídrica moderada no terceiro mês do ciclo produtivo. Na região R10, para o plantio em fevereiro, a aptidão para o cultivo do sorgo foi plena, ou seja, não houve excesso abaixo de 200 mm nos três meses iniciais do ciclo produtivo, sem deficiência hídrica, principalmente no terceiro mês e com redução de chuvas no quarto mês, o que favorece a colheita.

Plantios realizados a partir de junho nas regiões R1 a R6, a partir de abril nas regiões R7 a R9 e, a partir de março na região R10, conforme mostrado na Tabela 18, foram inaptos ao cultivo do sorgo em todas as regiões, pois não atenderam as condições de disponibilidade hídrica exigida pela cultura, predominando em todas as regiões deficiência hídrica acentuada acima de 20 mm.



**Tabela 17 - Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (fevereiro a maio).**

RHPS	PLANTIO	PRP4/ ETP4	PRP 1234	EXC 1234	EXC 123	DEF 1,2,3	CONDIÇÃO DE APTIDÃO
R1	MAI	0,3	721,1	265,3	265,3	0,0	Restrita - Por excesso hídrico
R2	MAI	0,1	328,5	77,5	77,5	>64 (3)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R3	MAI	0,1	343,3	61,6	61,6	>50 (3)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R4	MAI	0,2	379,4	74,3	74,3	51 (3)	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R5	MAI	0,1	104,4	0,0	0,0	99,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R6	MAI	0,1	206,7	3,7	3,7	93,0	acentuada
R7	MAR	0,1	608,9	239,6	239,6	13,0	Restrita - Por excesso hídrico
R8	MAR	0,1	571,1	234,7	234,7	13,0	Restrita - Por excesso hídrico
R9	MAR	0,1	368,2	74,7	74,7	18,0	Restrita - Por deficiência hídrica
R10	FEV	0,3	565,7	143,0	143,0	0,0	Aptidão Plena

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

**Tabela 18. Parâmetros utilizados para a avaliação da aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão por época de plantio (março a junho).**

RHPS	PLANTIO	PRP4/ ETP4	PRP 1234	EXC 1234	EXC 123	DEF 1,2,3	CONDIÇÃO DE APTIDÃO
R1	JUN	0,1	435,5	103,0	103,0	34,1	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R2	JUN	0,0	120,4	0,0	0,0	>100	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R3	JUN	0,1	165,3	0,0	0,0	>100	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R4	JUN	0,1	182,1	0,0	0,0	108,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R5	JUN	0,1	52,8	0,0	0,0	126,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R6	JUN	0,0	72,9	0,0	0,0	135,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R7	ABR	0,0	319,6	73,2	73,2	85,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R8	ABR	0,1	297,4	81,2	81,2	62,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R9	ABR	0,0	181,6	1,6	1,6	73,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada
R10	MAR	0,0	390,8	81,6	81,6	31,0	Inapta - Deficiência hídrica acentuada

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O Quadro 1 sintetiza os cenários de aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão em suas regiões homogêneas, obedecendo as suas respectivas datas de plantio. Na região R1 para plantios realizados de janeiro a maio, a aptidão foi restrita,

principalmente devido ao excesso hídrico, enquanto a partir de junho as condições não foram favoráveis devido a deficiência hídrica acentuada. Nas regiões de R2 a R4, a aptidão foi restrita devido ao excesso hídrico de janeiro a abril e, inapta para plantio realizados a partir de maio, devido a deficiência hídrica, principalmente no terceiro mês do ciclo produtivo.

Nas regiões R5 e R6, plantios de janeiro a março, apresentaram condições restritas para o cultivo devido ao excesso nos três meses iniciais do ciclo e, de abril a junho, inaptos por deficiência hídrica. Nas regiões R7 e R8, plantios em novembro, apresentaram condições de deficiência hídrica, principalmente no primeiro mês, inviabilizando o plantio, conferindo condições inaptas para o cultivo. Para plantios realizados entre dezembro e março a aptidão foi restrita, principalmente devido ao excesso hídrico e, inapta a partir de abril, devido a deficiência hídrica.

Na região R9, para plantios nos meses de novembro e dezembro a disponibilidade hídrica para o cultivo encontrou-se acima do exigido, apresentando condições de aptidão restrita. Porém, para plantios em janeiro e fevereiro, a aptidão foi plena para o cultivo do sorgo, quando todas as condições hídricas forem satisfatórias em todos meses de cultivo. Para o plantio em março a aptidão foi restrita e, partir de abril a condição é inapta, uma vez que predomina deficiência hídrica, não atendendo as necessidades hídricas da cultura.

Por fim, a região R10, não apresentou aptidão para o cultivo do sorgo para plantio realizado em outubro, devido a deficiência de água no solo nos primeiros meses de ciclo produtivo. Para plantios nos meses de novembro e dezembro, a aptidão é restrita e, para plantios em janeiro e fevereiro, a aptidão é plena, voltando a ser inapta a partir de março, quando predomina deficiência hídrica sobre a região.

É válido ressaltar que, no Quadro 1, as áreas que estão em “branco”, correspondem as áreas que estão fora da janela de plantio de cada região, tendo em vista que para cada região homogênea de precipitação, foram definidas 6 épocas de plantio, de acordo com a estação de crescimento.

**Quadro 1 - Aptidão climática para o cultivo do sorgo no estado do Maranhão de acordo com o mês de plantio.**

MESES PLANTIO	REGIÕES HOMOGÊNEAS DE PRECIPITAÇÃO										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
OUT											
NOV											
DEZ											
JAN											
FEV											
MAR											
ABR											
MAI											
JUN											

	Inaptidão climática por deficiência hídrica
	Aptidão restrita por excesso ou deficiência hídrica
	Aptidão plena

## 5 CONCLUSÃO

- Não há restrição térmica para o cultivo das culturas da mandioca e sorgo no estado do Maranhão;

- Nenhuma das 10 regiões homogêneas analisadas mostrou inaptidão para o cultivo da mandioca no Maranhão. Não há restrição hídrica para o cultivo da mandioca nas regiões 9 e 10, porém o excesso hídrico acentuado na região 1 confere a essa região condição de aptidão moderada, por outro lado, nas regiões de 2 a 8 a aptidão plena, porém com período prolongado de chuvas;

- A classificação de aptidão climática para a cultura do sorgo, se torna bem mais específica e criteriosa do que para a cultura da mandioca, pois a disponibilidade hídrica para a cultura, de forma a atender as suas exigências, depende do mês de início de plantio nas regiões homogêneas de precipitação.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e fruticultura Tropical, 2006. Cap.7, p.138-169.
- Atlas do Maranhão. NUGEO/LABGEO - UEMA, São Luís - MA. 2002.
- BARROS, A. H. C.; SILVA, M. A. V.; TABOSA, J. N. **Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas**. Relatório técnico. Embrapa solos. Recife – PE, 2012. Disponível em: [ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77196/1/Relatorio-Aptidao-climatica-12.02.2013-final.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77196/1/Relatorio-Aptidao-climatica-12.02.2013-final.pdf). Acesso em: 12 out. 2019.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. Modelos de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 95-100, 1993.
- BUSO et al. Utilização do Sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157, 1994.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006.
- CERQUEIRA, H. **Avaliação mensal de chuva (abril de 2019)**. LabMet – Laboratório de Meteorologia da UEMA. Disponível em: <https://www.nugeo.uema.br/?p=21000>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Volume 5 – Safra 2017/18 – n.12 - décimo segundo levantamento, setembro de 2018. Disponível em: [www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=10](http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=10). Acesso em: 28 nov. 2019.
- \_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Volume 6 – Safra 2018/19 – n.4. – quarto levantamento, janeiro de 2019a. Disponível em: [www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=10](http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=10). Acesso em: 28 nov. 2019.
- \_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Volume 7 – Safra 2019/20 – n.2. – segundo levantamento, novembro de 2019b. Disponível em: [www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=10](http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=10). Acesso em: 28 nov. 2019.
- COSTA, A. S. **Modulação regional das chuvas no estado do Maranhão**. Dissertação de mestrado. UFCG. Campina Grande – PB, 2016.

EMBRAPA. 2012. **Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas.** Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 86p.

FERNANDES, G. L. C. **Cultura da mandioca:** mandioca em números. Embrapa Amazônia Ocidental. Congresso de Mandioca, 2018. Disponível em: [www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros](http://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros). Acesso em: 30 dez. 2019.

FRANCISCO et al. Aptidão climática da Mandioca (*Maniotoh esculenta* Crantz) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, nº.4, p. 1651 - 1661, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Indicadores IBGE:** Estatística da produção agrícola, dezembro de 2017. Disponível em: [biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2017\\_dez.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2017_dez.pdf). Acesso em: 29 nov. 2019.

\_\_\_\_\_. **Indicadores IBGE:** Levantamento sistemático da produção agrícola, dezembro de 2018. Disponível em: [biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2018\\_dez.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2018_dez.pdf). Acesso em: 29 nov. 2019.

\_\_\_\_\_. **Indicadores IBGE.** Levantamento sistemático da produção agrícola, janeiro de 2019. Disponível em: [biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2019\\_jan.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_jan.pdf). Acesso em: 29 nov. 2019.

\_\_\_\_\_. **Indicadores IBGE:** Levantamento sistemático da produção agrícola, outubro de 2019. Disponível em: [biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2019\\_out.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_out.pdf). Acesso em: 29 nov. 2019b.

\_\_\_\_\_. **Malha municipal do Estado do Maranhão.** Resolução Nº 05 de 10 de outubro de 2002.

JESUS, J.B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. **Scientia Plena**, v.11, n.5, 2015.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo do Sorgo.** Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção. 6ª edição. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27070/1/Clima.pdf>. Acesso em: 16 out. 2019.

MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; MALUF, D. E. **Zoneamento Agroclimático da Mandioca no Estado do Rio Grande do Sul:** uma alternativa para a produção de etanol.

Boletim Fepagro. 2011, p.12-14. Disponível em: [www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201608/01102437-mandioca-2011.pdf](http://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201608/01102437-mandioca-2011.pdf). Acesso em: 16 out. 2019.

MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, n.6, p.422-431, 2014.

MENEZES, R. H. N. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do estado do Maranhão, Brasil**. Tese de Doutorado. UFCG. Campina Grande – PB, 2009.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Sorgo para o estado do Maranhão, ano safra 2019/2020**. Portaria nº 245, de 22 de agosto de 2019. Disponível em: [www.agricultura.gov.br/assuntos/riscosseguro/riscoagropecuario/portarias/safravigente/maranhao/word/PORTN245SORGOGRANIFEROMA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscosseguro/riscoagropecuario/portarias/safravigente/maranhao/word/PORTN245SORGOGRANIFEROMA.pdf). Acesso em: 01 dez. 2019.

MOTA, F.S. et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. v. 2. (IPEAS. Circular, 50).

OLIVEIRA et al. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. 2012. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(10), 1436-1442.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - MA. **Revista Scientia Agraria**, vol. 18, n.1. Jan/Mar. Curitiba – PR, 2017. p. 83-89.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha – MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, nº.4, p. 758 - 766, 2016.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Época de plantio de sorgo (Comunicado Técnico)**. MAPA. Sete Lagoas. 2003.

SANTOS, F.G. et al. Avaliação do comportamento de genótipos de sorgo para resistência à seca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, Londrina, 1996. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p.32.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.3, p.142-149, 2010.

THORNTHWAITE C. W; MATHER J.R. **The water balance**: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology. 1955. 104p.

THORNTHWAITE C.W. **An Approach toward a Rational Classification of Climate**. Geographical Review, 1948;38, 1:55-94.

WESTPHALEN, S.L.; MALUF, J.R.T. Zoneamento Agroclimático da Mandioca para o Estado do Rio Grande do Sul. In: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. Coordenadoria Estadual de Planejamento Agrícola. **Estimativa da Área Agrícola Disponível para Produção de Matérias-Primas Energéticas, sem Prejudicar a Produção de Alimentos**. Porto Alegre, 1980. p. 106 -110.