



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



**POTENCIAL DA AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO LESTE
MARANHENSE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

SILVIA ADRIANA NEUMANN ERVIN

CHAPADINHA – MA

2024

SILVIA ADRIANA NEUMANN ERVIN

**POTENCIAL DA AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO LESTE
MARANHENSE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho

CHAPADINHA – MA

2024

SILVIA ADRIANA NEUMANN ERVIN

**POTENCIAL DA AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO LESTE
MARANHENSE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia submetida ao corpo docente da Universidade Federal do Maranhão / Centro de Ciências de Chapadinha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Data de aprovação:

Nota:

Aprovado por:

Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho
Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola - CCCh/UFMA
(Orientador)

Prof^a. Dr^a. Adriana Conceição
Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola - CCCh/UFMA
(Avaliadora)

Prof^a. Dr^a. Natália Nascimento Soares da Silva
Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola - CCCh/UFMA
(Avaliador)

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Adriana Neumann Ervin, Silvia.

POTENCIAL DA AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO LESTE
MARANHENSE: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / Silvia Adriana
Neumann Ervin. - 2024.

38 p.

Orientador(a): Marcos Willame Lopes Carvalho.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2024.

1. Produção Agrícola. 2. Potencial Agrícola. 3.
Recursos Hídricos. 4. . 5. . I. Willame Lopes Carvalho,
Marcos. II. Título.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nunca me deixar desistir, pois não foi fácil chegar até aqui!

Aos meus pais, Silvio Luis Ervin e Jenita Maria Ervin, principalmente a minha mãe, pois cuidou dos meus filhos ao longo da minha jornada!

Aos meus tios que tenho como pai, Clair Neumann Ervin e Rube Sinai Ervin.

Aos meus Filhos, pois essa conquista é de vocês também, pois sempre que pensava em desistir, vinha vocês em meu pensamento!

A Rubia Neumann Ervin, por me aguentar todos esses anos, pois não sou fácil de lidar comigo, por toda compreensão e por toda ajuda que me deu.

Ao meu companheiro Talis Wagner Santos Rocha por toda a ajuda e compreensão, pelas lutas diárias!

A minha turma 2018.2, em especial ao Breno dos Santos, Lavínia Brito e Paulo Nassar.

As amizades que a UFMA me deu: Antônia Ivanaria, Samara Sousa de Lima, Fernanda Ferreira Silva, Ronald Rocha, Recimara Santos, Gustavo Lima Pereira, Otavio Lima Pereira, Divina Sousa Reis e a todos que estiveram comigo ao longo do curso.

Ao meu orientador Professor Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho.

A todos os professores da UFMA.

A Neyliane Aguiar pelas importantes contribuições.

A Dona Maria das Dores Ferreira Silva, Seu Francisco Arouche da Silva e Dona Raquel Barbosa e sua Família.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meu MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A Agricultura Irrigada é uma prática essencial para aumento da produtividade das culturas e ainda permite uma produção contínua ao longo do ano, reduzindo a dependência causada pela incerteza das variações climáticas. Esse método é responsável por cerca de 70% do consumo hídrico do mundo e atua promovendo o desenvolvimento econômico e social das regiões. O Leste Maranhense, por sua vez, caracteriza-se como uma região com carência de trabalhos acerca do potencial que a Agricultura Irrigada pode exercer. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar o potencial da Agricultura Irrigada nesta mesorregião, identificando desafios, vantagens e perspectivas, levando em consideração características únicas da região. Para isso foi feita uma revisão bibliográfica para caracterizar a área em termos de recursos hídricos, climatologia, demanda hídrica, áreas irrigadas e potencial irrigável. Conforme dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, foi constatado que a área irrigada no Maranhão é de 79.989 ha, sendo o município de São Raimundo das Mangabeiras o mais representativo (>15.000 ha irrigados). A cana-de-açúcar abrange 62% da área irrigada, sendo a cultura mais dominante. O Leste Maranhense possui 29.008 ha irrigados, representando 36% do total estadual, destacando-se Aldeias Altas, Coelho Neto e Caxias. Em relação ao Estado, o Leste Maranhense concentra três das quatro cidades do Maranhão com área irrigada entre 3.000 e 15.000 ha. Porém, existe uma grande diferença entre o potencial total adicional irrigável (140.723 hectares) e o potencial efetivo adicional irrigável (1.149 hectares) para a região, sendo o potencial efetivo significativamente menor. Os principais fatores limitantes podem incluir altos custos de produção, necessidade de diversificação de culturas, predominância de plantações de cana-de-açúcar, capacitação dos irrigantes e gestão eficiente dos recursos hídricos. Conclui-se que apesar das oportunidades, é necessário planejamento adequado e investimentos para converter o potencial esperado em realidade.

Palavras-chave: Produção Agrícola, Potencial Agrícola, Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The irrigated agriculture is an essential practice to increase the culture productivities and also allows a continuous production throughout the year, reducing the dependency caused by the doubt of the climate variations. This method is responsible for about 70% of the world water consumption and acts promoting the economic and social development of the regions. In Maranhão in the eastern part is classified as a region in need of working about what the irrigated agriculture potential can achieve. Thus, the goal of this work is the analysis of the Irrigated Agriculture potential in this mesoregion, identifying challenges, advantages and perspectives, considering unique characteristics in the region. For this it was made a literature review to characterize the area in terms of water resources, climatology, water demand, irrigated areas and irrigation potential. According to data from National Agency of Water and Basic Sanitation, it was verified the irrigated area in Maranhão is 79.989 hectares, with the city of São Raimundo das Mangabeiras being the most representative (>15.000 irrigated). The sugar cane covers 62% of the irrigated area, being the most dominant culture. The eastern of Maranhão has 29.008 irrigated hectares representing 36% of the state in total, with emphasis in Aldeias Altas, Coelho Neto and Caxias. Related to the eastern of Maranhão, there are three of the four cities of Maranhão with irrigated area between 3.000 e 15.000 hectares. However, there is a huge difference between the total irrigated potential (140.723 hectares) and the additional effective irrigable potential (1.149 hectares) for this region, with the effective potential relevantly smaller. The main limiting facts for the region with the effective potential relevantly smaller. The main limiting facts can include high production costs, need for diversification of cultures, dominance of sugar cane plantations, training of the irrigators and efficient management of the water resources. It is concluded despite the opportunities, it is necessary an appropriate planning and investments to convert the expected potential into reality.

Keywords: Agricultural Production, Agricultural Potential, Water Resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da mesorregião do Leste Maranhense	16
Figura 2. Exemplo de campo com irrigação de superfície, faixas e inundação total.....	17
Figura 3. Gotejamento subterrâneo, lençol freático e subirrigação... ..	18
Figura 4. Sistemas convencionais e mecanizados.....	18
Figura 5. Sistema por gotejamento e microaspersão... ..	19
Figura 6. Mapas de classificação climática do Estado do Maranhão... ..	20
Figura 7. Bacias Hidrográficas que banham o estado do Maranhão segundo a divisão em nível Macrorregiões Hidrográficas... ..	22
Figura 8. Bacias Hidrográficas que banham o estado do Maranhão segundo a divisão em nível Masorregiões Hidrográficas... ..	23
Figura 9. Bacias Hidrográficas que banham o estado do Maranhão segundo a divisão em nível Microrregiões Hidrográficas... ..	24
Figura 10. Extensão da Bacia sedimentar do Parnaíba que cobre o Estado do Maranhão.	25
Figura 11. Área irrigada atual no Estado do Maranhão... ..	28
Figura 12. Área irrigada por pivô central no município de Mata Roma – MA... ..	28
Figura 13. Áreas irrigadas do Estado, com destaque para a região do Leste Maranhense	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área irrigada do Estado do Maranhão em 2022 e Potencial de Irrigação Total e Efetivo... ..	29
Tabela 2. Área irrigada ano 2022 (safra 2022-2023) e área adicional irrigável nos municípios do Leste Maranhense	33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
NUGEO	Núcleo Geoambiental
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível
SAGRIMA	Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca do Maranhão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO GERAL	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. Pesquisa bibliográfica.....	15
3.2. Caracterização territorial da Região Leste Maranhense.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4.1. Métodos e sistemas de irrigação	16
4.2. Climatologia e Recursos hídricos do Maranhão e Leste Maranhense.....	20
4.3. Demanda hídrica da Agricultura irrigada no Maranhão.....	26
4.4. Caracterização das áreas irrigadas do Maranhão e Leste Maranhense e potencial irrigável.....	27
4.5. Limitações ao desenvolvimento da agricultura irrigada no Leste Maranhense	35
5. CONCLUSÃO	36
6. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

Na prática da Agricultura Irrigada, a água necessária para desenvolvimento das culturas é proveniente da chuva ou da irrigação. Isso permite uma produção contínua ao longo do ano, sem depender da incerteza das chuvas em termos de tempo e localização. Trata-se de uma prática agrícola mais intensiva e que depende fortemente de energia e água, além de cuidados específicos para manter a qualidade do solo cultivado. O Cerrado brasileiro é um exemplo de região em que a prática da Agricultura Irrigada permitiu que houvesse uma produção contínua ao longo de todo o ano, com aumento considerável na produtividade (RODRIGUES et al., 2017).

Responsável por cerca de 70% do consumo hídrico mundial, a irrigação promove o desenvolvimento econômico e social, onde se observa um aumento da produtividade das culturas, do lucro dos produtores e de novas oportunidades de emprego nas regiões onde é implantada (RODRIGUES et al., 2017, Rodrigues e Domingues(2017); PAOLINELLI et al. 2022), além de aumentar a estabilidade da oferta de alimentos, que por sua vez garante o aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira (ANA, 2021). (URCHEI & FIETZ, 2021) ainda ressaltam que agricultura irrigada contribui de muitas maneiras: aumentando a qualidade dos produtos; trazendo sistemas agrícolas diferentes; promovendo a utilização ecologicamente correta dos recursos naturais; introduzindo a prática agrícola em áreas menores; e possibilitando a introdução de novas indústrias agropecuárias. Dessa forma, a irrigação é uma das tecnologias mais fundamentais para o desenvolvimento e intensificação da agricultura e para a produção sustentável de alimentos, porém ainda é pouco reconhecida como uma inovação importante nos dias de hoje (RODRIGUES et al., 2017).

Em duas décadas, o Brasil experimentou um crescimento de mais de 100% da área com Agricultura Irrigada. Em 1996, existiam de cerca de 2,7 milhões de hectares irrigados, passando para 6,2 milhões de hectares irrigados no ano de 2016 (RODRIGUES & DOMINGUES, 2017), com incrementos anuais fortes e persistentes. Embora o país possua uma grande vantagem competitiva por utilizar equipamentos de irrigação de última geração e projetos mais tecnificados, apenas 10% do seu potencial total de área irrigada é explorado (PAOLINELLI et al. 2022).

Dessa forma, o país ocupa uma posição de destaque mundial em área equipada, mas a irrigação continua modesta em relação ao potencial estimado para, à área agrícola total, à extensão territorial e aos fatores físico-climáticos favoráveis, aliados a uma

boa disponibilidade de água. Porém, atualmente, observa-se um cenário oposto em comparação com os demais países líderes em irrigação, que estão mais próximos do atingir seu potencial estimado, como China e Índia (ANA, 2021).

Nesse contexto, o Brasil se posiciona de forma estratégica para liderar a Eficiência do Uso da Água na produção agrícola irrigada no século XXI, por ter acesso aos mais avançados equipamentos de supervisão disponíveis globalmente, além de possuir uma vasta experiência obtida com a agricultura irrigada em diversos países (PAOLINELLI et al. 2022). Conforme Paolinelli et al. (2022), “o Brasil tem um potencial de expansão da agricultura irrigada em áreas de intensificação e sobre áreas de pastagem da ordem de 56 milhões de ha, representando um potencial efetivo de curto e médio prazo de 13,7 milhões de ha”.

Atualmente, a área total irrigada no país, incluindo irrigação e fertirrigação, é de 8,6 milhões de hectares. De acordo com a Agência Nacional de Águas, é estimado que esse total atinja 12,2 milhões de hectares no ano de 2040. Em relação ao potencial de irrigação efetivo para o país, as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste concentram as maiores áreas, com 45%, 31% e 19%, respectivamente, seguidas pelo Nordeste e Norte, com apenas 2% cada. Os Estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os que apresentam o maior potencial de incremento das áreas irrigadas no país, Estados que já vem se destacando anualmente nesse quesito (ANA, 2021).

Dessa forma, mais áreas irrigadas provavelmente deverão ser criadas para acompanhar a expansão da produção agrícola, em que devem ser considerados os recursos hídricos:

A crescente produção agrícola do país, impulsionada pelos altos valores das commodities no mercado internacional e pelo aumento da demanda de alimentos no mercado interno provavelmente demandarão a expansão das áreas irrigadas no país. Estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem levar em consideração restrições relacionadas com a disponibilidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse (LANDAU et al. 2014).

Em relação à região Nordeste do país, observa-se uma grande diversidade de biomas, vegetação, climas, solos e disponibilidade de água, que desempenham um papel significativo na determinação dos locais onde a Agricultura Irrigada pode ser implantada, assim como em

suas possíveis expansões e desenvolvimentos futuros (RODRIGUES & DOMINGUES, 2017). De acordo com dados do Censo Agropecuário 2006, dos estabelecimentos agropecuários do Nordeste, cerca de 140,9 mil informaram que sistemas de irrigação são utilizados na produção, alcançando 1 milhão de hectares, equivalente a 0,65% da área da região (BUAINAIN & GARCIA, 2015).

O Maranhão é o Estado com o maior potencial hídrico do Nordeste (MEDEIROS & SANTOS, 2024), contendo dez bacias hidrográficas, além de mais dois sistemas hidrográficos. (NUGEO/UEMA, 2016). Com uma área composta majoritariamente pelo bioma Cerrado, o Maranhão apresenta grande potencial agrícola, devido as suas características de solo e clima. Porém, o Estado ainda conta com um alto grau de concentração de terras, com 43% da área rural pertencente a 1% dos estabelecimentos (SOUZA & KHAN, 2001).

Quanto ao setor da agricultura, os municípios do Maranhão caracterizam-se por uma grande disparidade tecnológica (SOUZA & KHAN, 2001). Avaliando o nível de modernização da agricultura no Estado, Souza & Khan (2001) observaram que os municípios com os mais baixos níveis tecnológicos tinham, além de outras variáveis, uma proporção pequena de área irrigada em relação à área total do município. Isso mostra que a Agricultura Irrigada, juntamente com outros fatores, pode desempenhar um importante papel para ajudar no avanço da agricultura do Estado.

Com esses desafios, a Agência Nacional de Águas (2021) afirma que existe uma dificuldade em dimensionar a real relevância da irrigação devido à carência de dados disponíveis ou à impossibilidade de desagregação em relação à agricultura de uma forma geral (dados médios que englobam o sequeiro). Dada à relevância do tema, as universidades brasileiras detêm uma grande responsabilidade: contribuir com a qualificação de recursos humanos necessários para a correta elaboração de projetos de implantação e operação de milhões de hectares a serem irrigados nas próximas décadas (PAOLINELLI et al. 2022).

A região do Leste Maranhense, por sua vez, não conta com trabalhos publicados sobre a possibilidade de implantação e expansão da agricultura irrigada nas suas cidades. É necessário, portanto, identificar características únicas da região, em termos de clima, solo, disponibilidade de água e práticas agrícolas, que possam contribuir para o entendimento do potencial de irrigação da região e se ela é viável e benéfica nesse contexto. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, o potencial da

Agricultura Irrigada na região do Leste Maranhense, identificando seus principais desafios, vantagens e perspectivas, visando contribuir com o conhecimento da realidade atual e das principais tendências de expansão.

2. OBJETIVO GERAL

Analisar, por meio de uma revisão bibliográfica o potencial da Agricultura Irrigada na região do Leste Maranhense, identificando seus principais desafios, vantagens e perspectivas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Pesquisa bibliográfica

O presente trabalho se caracteriza como uma revisão bibliográfica sobre o potencial da Agricultura Irrigada na região do Leste Maranhense. O material a ser selecionado para a revisão foi constituído por livros e artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais sobre o tema, nas bases: PubMed, Google Acadêmico e Scielo, no período de 1990-2024.

Para a busca, foram utilizados os seguintes descritores: Irrigação; agricultura irrigada; Maranhão; Leste Maranhense; Cerrado. Utilizaram-se os seguintes critérios de seleção dos trabalhos: o trabalho versa sobre o tema; o trabalho está indexado nas bases de dados citadas; o trabalho está disponível na íntegra e nas línguas dos descritores usados para o levantamento de dados.

Para obtenção dos mapas e dados sobre uso da água e de áreas irrigadas do Maranhão e Leste Maranhense foi consultado o Atlas de Irrigação fornecido pela Agencia Nacional de Águas (ANA, 2021).

3.2. Caracterização territorial da Região Leste Maranhense

O Leste Maranhense é uma mesorregião do Estado do Maranhão situada na parte oriental do Estado e faz fronteira com o Estado do Piauí (Figura 1). De acordo com o IMESC (2010), essa região possui as seguintes coordenadas geográficas: ao Norte: 02° 41' 01.2" e 42° 12' 42", e a Leste: 02° 57' 54.7" e 41° 47' 43.8", ambas no município de Araiões; ao Sul: 06° 59' 56.4" e 44° 14' 33.5" em Nova Iorque; e a Oeste: 06° 36' 19.2" e 45° 51' 32.4" em Mirador. Como mesorregiões vizinhas estão: Centro Maranhense, Norte Maranhense, Sul Maranhense, Centro-Norte Piauiense (PI), Norte Piauiense (PI) e Sudoeste Piauiense (PI). Com uma área de 70.606,230 km², está a 112,21 km de distância da capital maranhense, São Luís, possuindo atualmente 44 municípios.

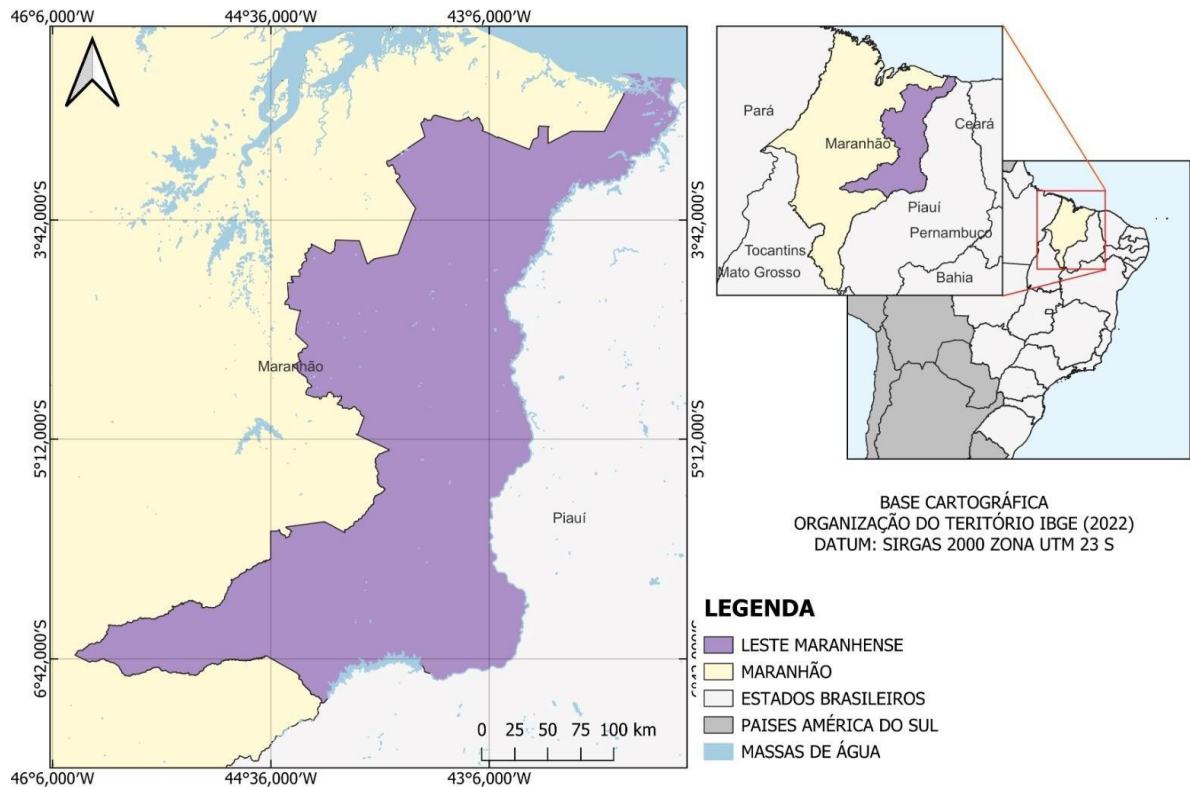


Figura 1. Mapa de localização da mesorregião do Leste Maranhense. Fonte: IBGE, 2021.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Métodos e sistemas de irrigação

A definição de irrigação dada por Testezlaf (2017) é o conjunto de “técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário”. Já os métodos de irrigação podem ser definidos como as diferentes maneiras de aplicação da água nas culturas e assim podem ser agrupados de acordo com as peculiaridades de cada aplicação (SENAR, 2019). Dessa forma, destacam-se quatro métodos principais: irrigação por superfície, irrigação subterrânea, irrigação por aspersão e irrigação localizada, que serão descritos a seguir.

Na irrigação por superfície a água é disposta na superfície do solo, se infiltrando nas camadas mais profundas por meio da gravidade, com necessidade de um controle do nível de água a ser disponibilizado (ANA, 2017; TESTEZLAF, 2017). No sistema por aspersão, os aspersores ou orifícios formam uma chuva artificial sob pressão acima do solo. Por fim, a irrigação localizada no método subterrâneo, também chamado de subsuperficial, a água é disposta abaixo da superfície do solo, direcionada para as raízes aplica um volume

pequeno de água em uma área bastante limitada, sob pressão, com alta frequência (ANA, 2017).

Dentro de cada um destes métodos, pode haver dois ou mais sistemas de irrigação que podem ser adotados. Os sistemas podem ser definidos como o conjunto de equipamentos, acessórios, formas de operação e manejo que irrigarão a cultura (TESTEZLAF, 2017). Testezlaf (2017) aponta os sistemas existentes para cada método de irrigação.

- Por superfície: este método pode ser classificado em:

1 - sistemas de irrigação por sulcos, em que a aplicação da água ocorre por meio da inundação de apenas uma parte da área, de modo que o sentido de irrigação segue as linhas da cultura e os sulcos feitos na superfície do solo, permitindo seu escoamento e infiltração;

2 - sistemas de irrigação por inundação, um sistema que é comumente aplicado nas plantações de arroz. Nesse caso, a plantação recebe aplicação de água diretamente, sendo restringidos por estruturas denominadas diques. A água se acumula na superfície e posteriormente ocorre sua infiltração (Figura 2);



Figura 2. Exemplo de campo com irrigação de superfície, faixas e inundação total. Fonte: Seduc.

- Subterrâneo: ocorre por:

1 – Gotejamento subterrâneo, onde as linhas de gotejamento são enterradas no solo a uma profundidade específica onde a água alcance o volume explorado pelas raízes;

2 - Elevação do lençol freático, que é feita por meio de estruturas de drenagem ou de linhas de irrigação enterradas no solo. É mais utilizado em áreas com camadas subsuperficiais que impedem a drenagem, permitindo saturar o perfil do solo e ajustar a profundidade do

nível do lençol freático, aproximando-se das raízes das plantas;

3 - Sistemas de subirrigação em ambientes protegidos, que aplicam a água diretamente na raiz da planta, por meio de mesas capilares ou calhas de hidroponia, etc (Figura 3);

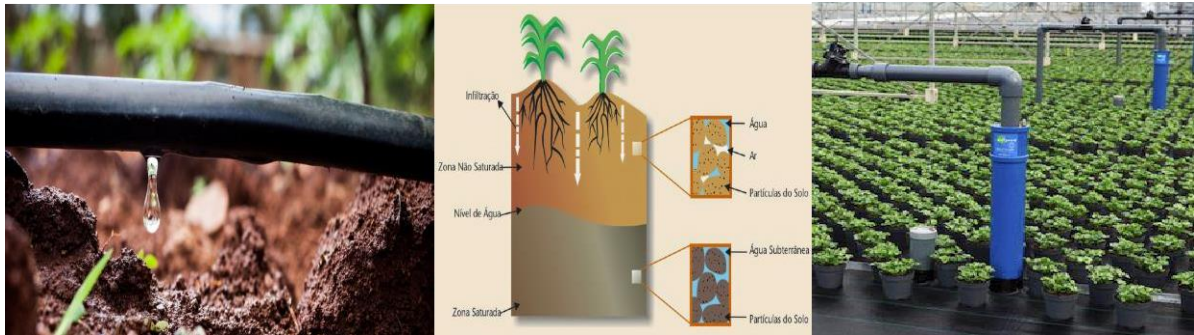


Figura3. Gotejamento subterrâneo, lençol freático e subirrigação. Fonte: geoconceicao.blogspot.com e bing.com.

- Por aspersão: dividem-se em:

1 - Sistemas convencionais, que utilizam motobombas, tubulações e aspersores para irrigação, podendo ser móveis, deslocando-se manualmente pelo campo, e fixos, que ficam parados na mesma posição ao longo do período de produção;

2 - Sistemas mecanizados, onde os aspersores ou sprays são colocados em estruturas metálicas movidas ao longo da plantação. O movimento ocorrerá a partir de um trator ou a partir de sistemas automatizados lineares ou circulares. Nesse sistema, o pivô central destaca-se como um dos utilizados no país (Figura 4);



Figura 4. Sistemas convencionais e mecanizados. Fonte: bing.com e https://www.hydro-eng.com/irrigation/wp-content/uploads/sites/5/2017/08/zimmatic9500_category.jpg

- Por irrigação localizada: podem ser classificados em:
 - 1 - Sistema por gotejamento, onde o solo recebe gotículas de água, com baixa vazão através de gotejadores;
 - 2 - Sistemas de microaspersão, em que região da planta que recebe sombra, é irrigada por jatos de água através de equipamentos chamados microaspersores ou sprays (Figura 5);



Figura 5: Sistema por gotejamento e microaspersão. Fonte: <https://terramagna.com.br/blog/irrigacao-por-gotejamento/> e <https://product-hub-prd.madeiramadeira.com.br/412080545/images/0369e5ad-6935-4e6b-9324-72a89be3438457f14981a1e74adb59a6467f7f.jpg>

Um conjunto de fatores como condições socioeconômicas e ambientais, disponibilidade e a qualidade da água deve compor a avaliação para a escolha do método e do sistema adequado. Por exemplo:

A irrigação superficial é mais econômica e apresenta menos tecnologia atrelada. Mas um terreno com boa infiltração e maior declividade não é favorável a esse método, mas pode ser para a aspersão que, por sua vez, não será adequada para regiões com ventos fortes. Os métodos localizados, em que pese as altas eficiências, não são adequados para culturas temporárias (milho, feijão, arroz, soja), requerem boa qualidade da água e possuem alto custo de implantação e manutenção (ANA, 2017).

Logo, entre os métodos e sistemas de irrigação, inicialmente não há como dizer qual deles é melhor ou mais perfeito. Essa característica dependerá da adequação, baseando-se nas condições específicas da cultura, da localidade e dos objetivos a serem alcançados (TESTEZLAF, 2017). Após o planejamento e escolha, é o manejo adequado das culturas, dos equipamentos e dos recursos ambientais que determinará a eficiência no uso da água (ANA, 2017).

4.2. Climatologia e Recursos hídricos do Maranhão e Leste Maranhense

Por localizar-se em uma região de transição climática, o Maranhão é um Estado com uma significativa variabilidade na sua precipitação, umidade e temperatura (NUGEO/UEMA, 2016). As temperaturas normalmente são elevadas ao longo do ano, porém, que se intensificam no segundo semestre, onde a maioria das suas regiões está em época de seca. Já na primeira metade do ano, as temperaturas são um pouco mais amenas, com uma incidência de chuvas em grande parte do Estado (MARANHÃO, 2002). A temperatura média anual é cerca de 30°C, com mínimas em torno dos 20,3°C e máximas que podem alcançar até aos 40°C (NUGEO/UEMA, 2016). O período chuvoso vai dos meses de outubro a maio, enquanto os meses de junho a setembro concentram apenas 10% da precipitação pluviométrica anual. Contudo, pode haver variações de temperatura ligadas às especificidades de cada região (MARANHÃO, 2002). O Estado apresenta clima quente úmido no Oeste. Já no Norte e Sul, o clima é quente semiúmido, enquanto o Leste possui um clima quente semiárido (NUGEO/UEMA, 2016) (Figura 6).

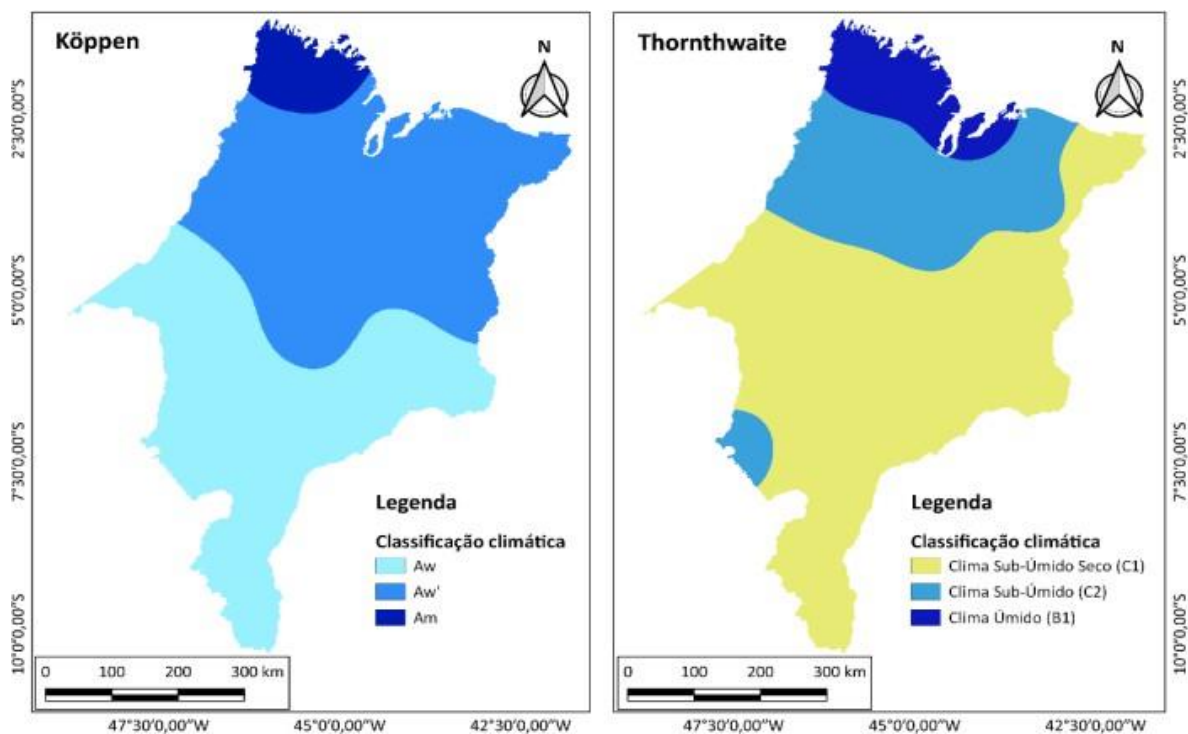


Figura 6. Mapas de classificação climática do Estado do Maranhão.
Fonte: Corrêa et al. (2023).

Na região Leste Maranhense, as temperaturas podem ultrapassar facilmente os 36° C em outubro, novembro e dezembro, devido à seca e maior chegada de radiação solar na

superfície terrestre. Assim como resto do Estado, nos meses de janeiro a junho se concentram as chuvas, acompanhadas de uma menor incidência de radiação solar e temperaturas mais baixas. O Leste do Estado se caracteriza como a região com os menores valores de umidade relativa do ar, variando entre 70% e 73%. De acordo com o potencial hídrico disponível ao longo do ano, as melhores épocas para plantio e colheita na região Leste são de novembro a maio. Na maioria das áreas da região, a precipitação pluviométrica gira em torno de 1200 mm a 2000 mm anuais. Essa precipitação pluviométrica é consideravelmente menor que na região Oeste do Estado, que possui maior influência da Amazônia Oriental. Com uma predominância do Bioma Cerrado, esse volume de chuvas é menor e mais irregular devido a menor quantidade de vapor d'água que a cobertura vegetal dispersa na atmosfera. O clima da região varia de subúmido a subúmido seco (MARANHÃO, 2002).

Quanto ao potencial hídrico, o Atlas do Maranhão (2002), classifica o Maranhão como um Estado que possui uma grande significância, sendo um Estado majoritariamente formado por bacias hidrográficas, bacias lacustres e águas subterrâneas, além de possuir rios com grande extensão e volume de águas. Em comparação com a região Nordeste, o Maranhão é um estado com grande visibilidade, tendo como rios importantes o Mearim, Itapecuru, Parnaíba, Tocantins, Gurupi, Pindaré e Turiaçu (NUGEO/UEMA, 2016).

Por todo o território brasileiro estende-se 12 macro bacias hidrográficas, sendo elas: Bacia Amazônica, Tocantins-Araguaia, Nordeste (Rio Parnaíba), São Francisco, Paraguai, Paraná, Uruguai, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Sendo o estado do maranhão banhado pelas Bacias Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental e Parnaíba (Figura 7).

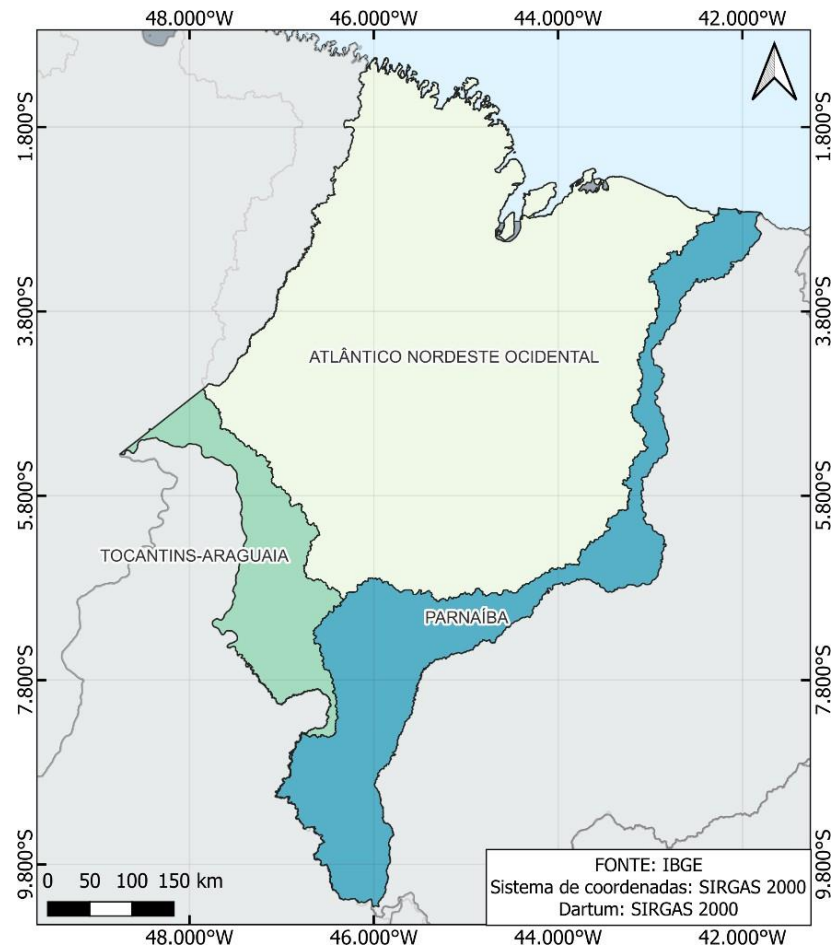


Figura 7. Bacias Hidrográficas que banham o estado do Maranhão segundo a divisão em nível Macrorregiões Hidrográficas. Fonte: Elaborado pela autora.

Bacias de micro a meso escala se encaixam na faixa de bacias com tamanho até 10.000 Km².

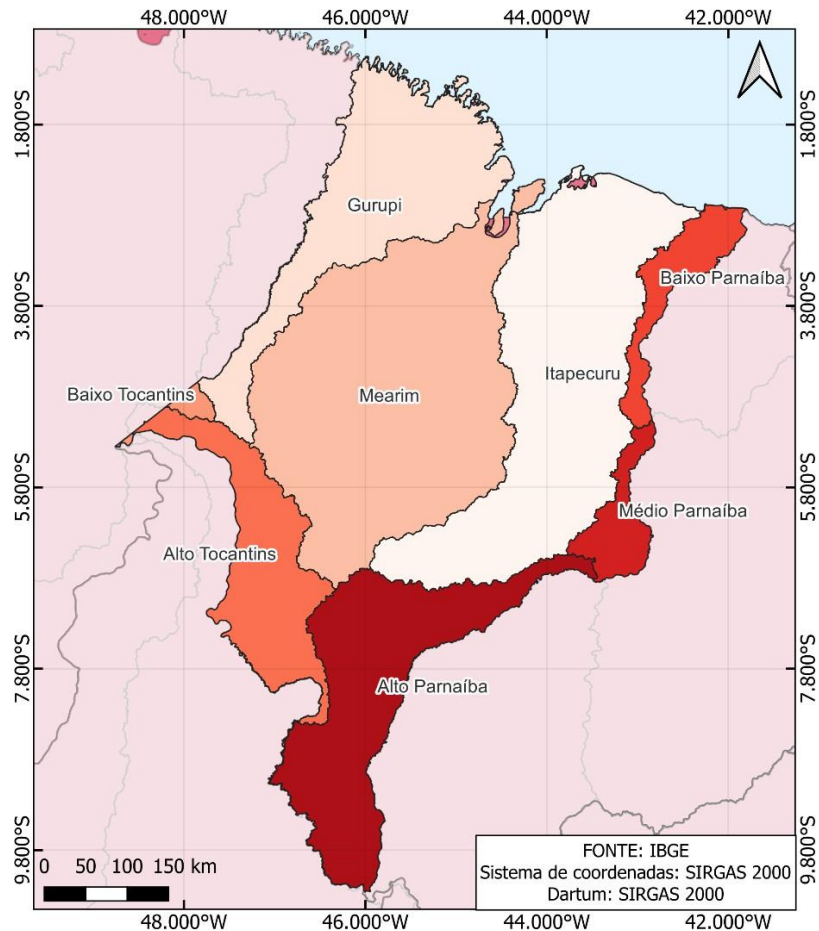


Figura 8. Bacias Hidrográficas que banham o estado do Maranhão segundo a divisão em nível Masorregiões Hidrográficas. Fonte: Elaborado pela autora.

O Maranhão é constituído por dez bacias hidrográficas (Figura 9), sendo sete de domínio estadual e três de domínio federal. Além destas, existem mais dois sistemas hidrográficos. As bacias de domínio estadual, ou seja, verdadeiramente maranhenses, drenam em torno de 202.203,50 km² (60,90%) da área do Estado, através dos rios Mearim, Itapecuru, Munim, Turiaçu, Maracaçumé, Preguiças e Peria, cursos d'água principais que dão nome as respectivas bacias as quais que pertencem. As bacias hidrográficas de domínio federal são assim distinguidas, pois sua área cobre dois ou mais Estados. São elas: Parnaíba (Maranhão e Piauí), Tocantins (Maranhão e Tocantins) e Gurupi (Maranhão e Pará). A área ocupada pelas três é de 113.068,15 km², cobrindo 34,6% do território do Estado. Já os dois sistemas hidrográficos estaduais compreendem o Litoral Ocidental e das Ilhas Maranhenses. Juntos ocupam uma área de 13.830,84 km², correspondente a 4,17% da área total do Maranhão (NUGEO/UEMA, 2016).

Em relação à disponibilidade, a água superficial disponível para o Maranhão é de 8.060,06 hm³/ano. As bacias de domínio federal concentram 63,91% da água disponível no Estado, ou seja, Rio Tocantins (2.412 hm³/ano), Rio Parnaíba (1.475 hm³/ano) e Rio Gurupi (1.263 hm³/ano). Já o maior potencial hídrico do Estado pertence à bacia do Rio Mearim (13.971,85 hm³/ano) (NUGEO/UEMA, 2016).

As bacias presentes no Leste Maranhense são: Parnaíba, Itapecuru, Munim e Preguiças, sendo que as bacias do Rio Parnaíba e Itapecuru são as mais predominantes na região em termos de abrangência territorial. As bacias do Leste Maranhense, com exceção do Rio Parnaíba, já citado anteriormente, tem uma disponibilidade de água mais baixa, como Rio Munim (269,80 km³/ano) e Rio Preguiças (131,22 km³/ano), enquanto o Rio Itapecuru (1.112,55 km³/ano) tem uma disponibilidade mais alta. Quanto às potencialidades, o Rio Itapecuru é a bacia mais promissora da mesorregião, podendo contribuir com 6.599,97 km³/ano, juntamente com do Rio Parnaíba, com 3.828,41 km³/ano (NUGEO/UEMA, 2016).

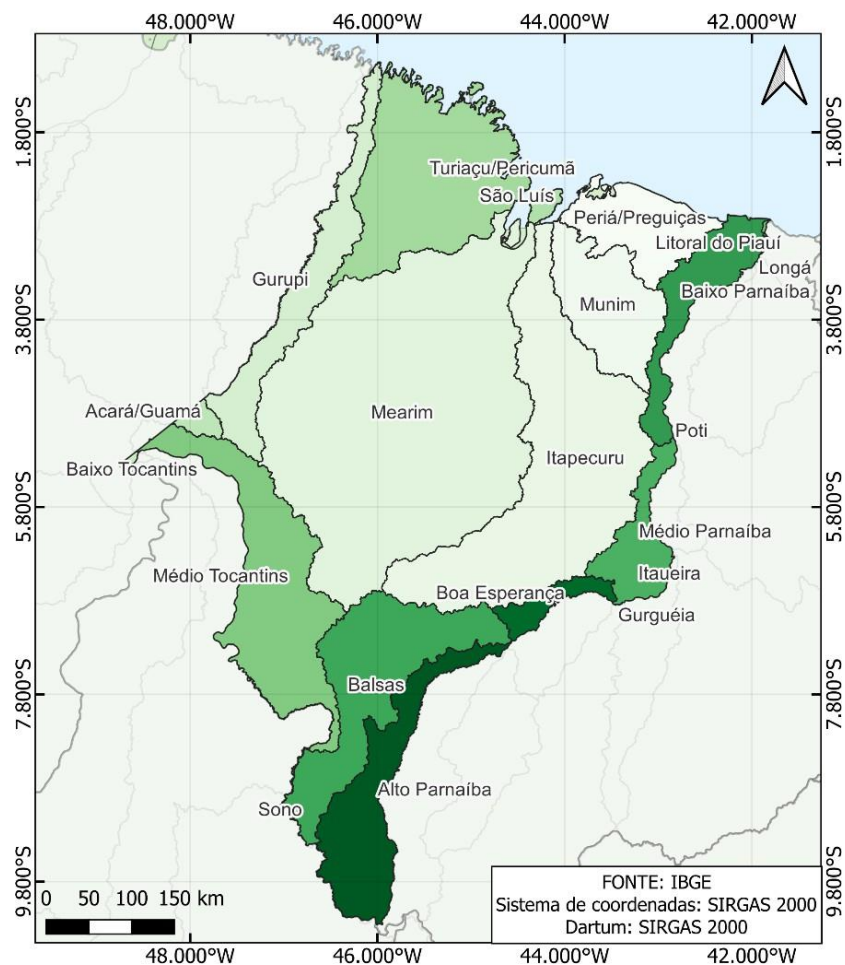


Figura 9. Bacias Hidrográficas que banham o estado do Maranhão segundo a divisão em nível Microrregiões Hidrográficas. Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto às águas subterrâneas, o Maranhão está situado na Bacia Sedimentar do Parnaíba (Figura 10), uma província hidrogeológica muito relevante no país composta por três sistemas aquíferos principais de extensão regional, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande, e outros menores como Codó, Sambaíba, Corda e Itapecuru (FERREIRA et al., 2007).

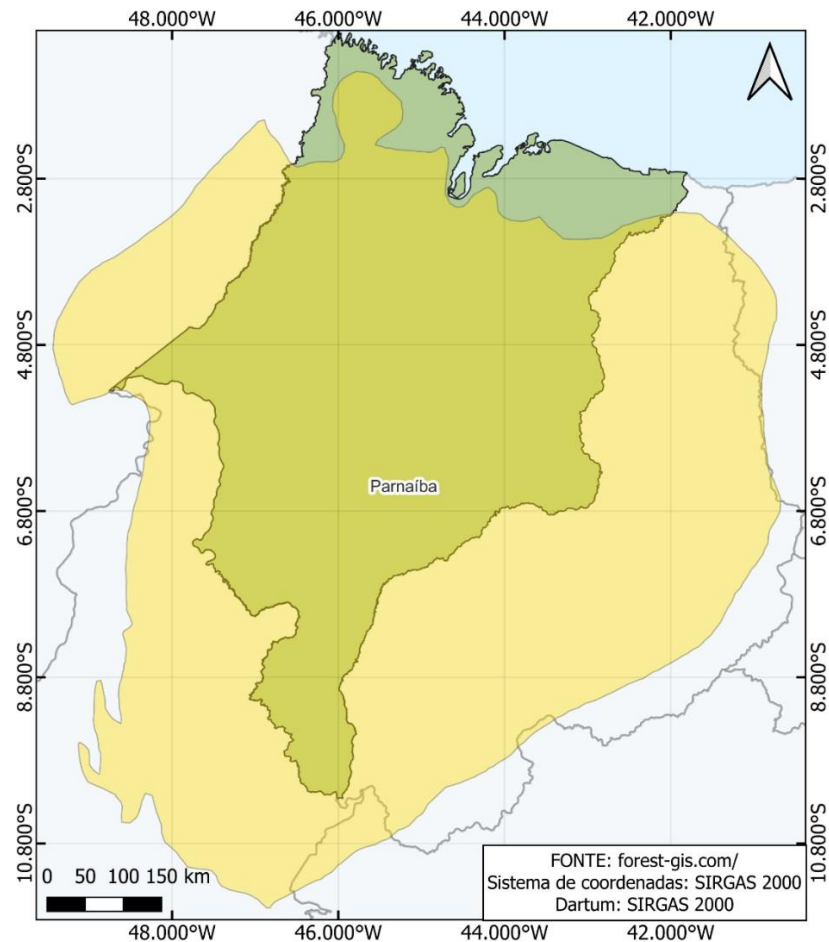


Figura 10. Extensão da Bacia sedimentar do Parnaíba que cobre o Estado do Maranhão. Fonte: Elaborado pela autora.

A Bacia Sedimentar do Parnaíba possui 668,8 mil km² e também está presente em grande parte do estado do Piauí em uma pequena porção dos estados do Tocantins, Pará, Ceará e Bahia (AGUIAR et al., 2010; ANP, 2015). A bacia é do tipo intratectônica e possui um formato parecido com um poliedro hexagonal irregular, com sua litologia diversificada originada a partir de diversas variações climáticas e geológicas ao longo de milhares de anos. (AGUIAR et al., 2010). Os melhores potenciais para exploração se situam nos aquíferos Serra Grande, Cabeças e Poti, devido aos seus aflorantes mais extensos (AGUIAR et al., 2010).

4.3. Demanda hídrica da Agricultura irrigada no Maranhão

A demanda hídrica é definida como o volume de água destinado a satisfazer diversas finalidades, entre elas a irrigação. Para determinar a demanda de água para a irrigação é necessário multiplicar a área total irrigada na bacia pelo consumo de água para uma área unitária no Estado (NUGEO/UEMA, 2016).

Dentro desse contexto, o uso pela irrigação é considerado consuntivo, pois a retirada da água da sua fonte acarreta a diminuição expressiva da disponibilidade hídrica, em termos de quantidade e qualidade, seja ela temporal ou espacial (NUGEO/UEMA, 2016). Além disso, vale destacar também ao que fechar o ciclo hidrológico, a água utilizada na agricultura irrigada não fica mais disponível para ser utilizada naquela determinada localidade e tempo (ANA, 2021). Através da evaporação das camadas superficiais do solo e através da transpiração da planta, uma parte dessa água acabará retornando para a atmosfera. Outra parte escoar para as fontes d'água superficiais e o restante se infiltra no solo até camadas mais profundas (BASSOI et al. 2017).

Esse impacto é particularmente relevante quando se considera a demanda hídrica do Estado do Maranhão, que foi 1,5 trilhão de m³ anuais, de forma que a irrigação é responsável por 55,6% do volume total. As bacias do Rio Tocantins e Parnaíba são responsáveis por 68% do volume de água utilizado para irrigação no estado, justificado por sua grande disponibilidade de água. Em relação às bacias do Leste Maranhense, o Rio Parnaíba (215,08 hm³/ano) e Rio Itapecuru (72,34 hm³/ano) têm as maiores demandas de água para irrigação, refletindo a importância da agricultura irrigada nessas regiões. Por outro, os dados indicam que as bacias do Rio Munim (40,38 hm³/ano) e Rio Preguiças (5,61 hm³/ano) têm uma importância significativamente menor na demanda hídrica, indicando uma menor dependência da irrigação para a atividade agrícola nessas bacias (NUGEO/UEMA, 2016).

De acordo com dados da Agência Nacional de águas (2021), levando em consideração um cenário de clima médio no Estado, o uso da água (m³/s) para irrigação por tipologia no Maranhão foi de 0,4 m³/s para o arroz, 5,3 m³/s para a cana e 4,2 m³/s para as demais culturas em 2019. Na projeção para 2040, o uso da água para o arroz permaneceu o mesmo, enquanto para a cana aumentou para 8,2 m³/s e demais culturas 7,1 m³/s (ANA, 2021).

4.4. Caracterização das áreas irrigadas do Maranhão e Leste Maranhense e potencial irrigável

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento básico, o parâmetro chamado de “áreas irrigadas” está relacionado com área equipada para realizar a irrigação. No caso do Maranhão, área total irrigada é de 79.989 ha (Figura 11, tabela 1). De acordo com o mapa, o município de São Raimundo das Mangabeiras, localizado no Sul Maranhense, corresponde a única cidade com mais de 15.000 ha irrigados no Estado. As áreas com 3.000 a 15.000 ha equipados são poucas e concentram-se em municípios do Leste Maranhense, como Aldeias Altas, Caxias e Coelho Neto. As Regiões com 500 a 3.000 ha irrigados estão mais dispersas pelo Estado, porém ainda há uma predominância de pequenas áreas de irrigação, ou seja, com menos de 500 ha, sendo que muitos municípios possuem muito pouco ou nada de área irrigada. Isso indica que pode haver um predomínio de agricultura familiar ou projetos de irrigação pouco extensos.

A Cana-de-Açúcar Irrigada é dominante no Estado e representa a maior parte da área irrigada (aproximadamente 62% da área total), seguida por Outras Culturas e Sistemas, Outras Culturas em Pivôs centrais (Figura 12) e por último o Arroz Inundado. O café e a Cana-de-Açúcar fertirrigada não possuem áreas reportadas para o Estado (tabela 1). A área irrigada por pivôs centrais (exceto arroz, café e cana) é de 12.129 ha, o que indica a presença de outras culturas importantes irrigadas por este método, que são eficientes em grandes áreas agrícolas.

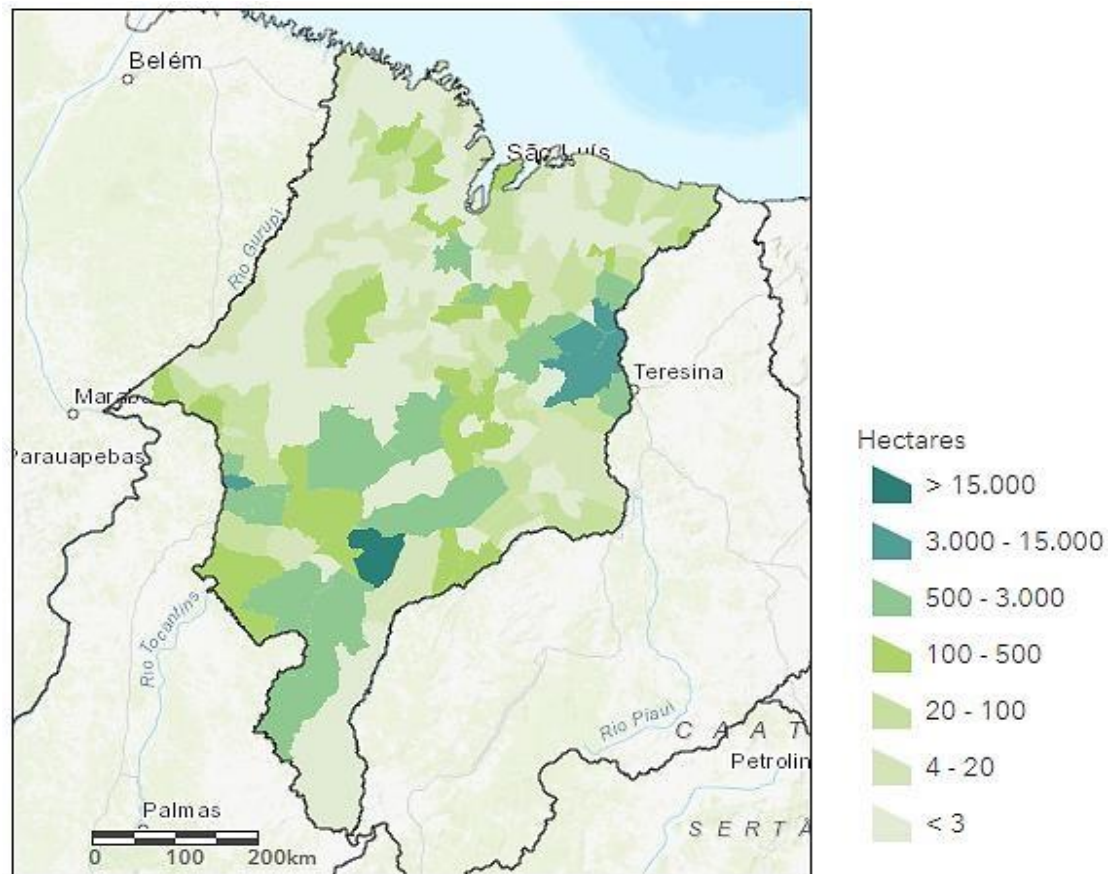


Figura 11. Área irrigada atual no Estado do Maranhão. Fonte: Ana (2021).



Figura 12. Área irrigada por pivô central no município de Mata Roma – MA. Fonte: Strobel (2024).

Tabela 1. Área irrigada do Estado do Maranhão em 2022 e Potencial de Irrigação Total e Efetivo.

Tipologia	Área (hectares)
Arroz Inundando	95
Café	0
Cana-de-Açúcar Irrigada	49.564
Outras Culturas em Pivôs Centrais (exceto arroz, café e cana)	12.129
Pivôs Centrais - Total (considerando sobreposição com arroz, café e cana)	12.129
Outras culturas e sistemas	18.201
Área Total Irrigada	79.989
Cana-de-Açúcar Fertirrigada	0
Área Total (Irrigada e Fertirrigada)	79.989
AAI com água superficial em agricultura de sequeiro	196.728
AAI com água superficial em pastagem	944.334
AAI com água subterrânea	22.560
AAI - Potencial Total	1.163.622
AAI - Potencial Efetivo	71.577

Fonte: ANA (2021). *AAI: Área Adicional Irrigável

Em relação ao Leste Maranhense, observa-se que a área irrigada é de 29.008 ha (Figura 13, Tabela 2), o que corresponde a cerca de 36% do total da área irrigada de todo o Maranhão. Considerando que mesorregião Leste Maranhense ocupa cerca de 21,27% do território do Estado, mas concentra mais de 35% da área irrigada, isso pode indicar uma densidade de irrigação mais alta na região em comparação com outras partes do Estado do Maranhão. Esses dados sugerem que a infraestrutura de irrigação da região é bem desenvolvida ou pode ter um maior foco na irrigação em comparação com outras mesorregiões do Estado. Porém, para uma análise mais conclusiva, seria necessário analisar os dados de irrigação das outras mesorregiões do Estado, o que permitiria conhecer a contribuição em hectares de cada uma em relação ao total do Estado e concluir se o Leste Maranhense é destaque em termos de área irrigada.

De acordo com a tabela 2, a maior área irrigada no Leste Maranhense em 2022 foi em Aldeias Altas (10.022 ha), seguido por Coelho Neto (6.978 ha), Caxias (4.126 ha), Mirador (1.917 ha) e Codó (1.625 ha). A maior concentração de terras irrigadas se encontra imediatamente ao norte da capital Teresina, na divisa com o Estado do Piauí, nas cidades de Aldeias Altas, Caxias e Coelho Neto (Figura 13). O Leste Maranhense concentra, portanto, três das quatro cidades do Maranhão com área irrigada entre 3.000 e 15.000 ha. Em relação ao restante dos municípios, sua grande maioria concentra áreas irrigadas que não passam de 500 ha. Inclusive, apesar do Leste Maranhense concentrar boa parte da área irrigada do Maranhão, observa-se que alguns municípios possuem área irrigada nula, como Afonso Cunha e Alto Alegre do Maranhão. Por fim, assim como o restante do Maranhão, parece haver muitos municípios com pequenas iniciativas de irrigação na agricultura familiar.

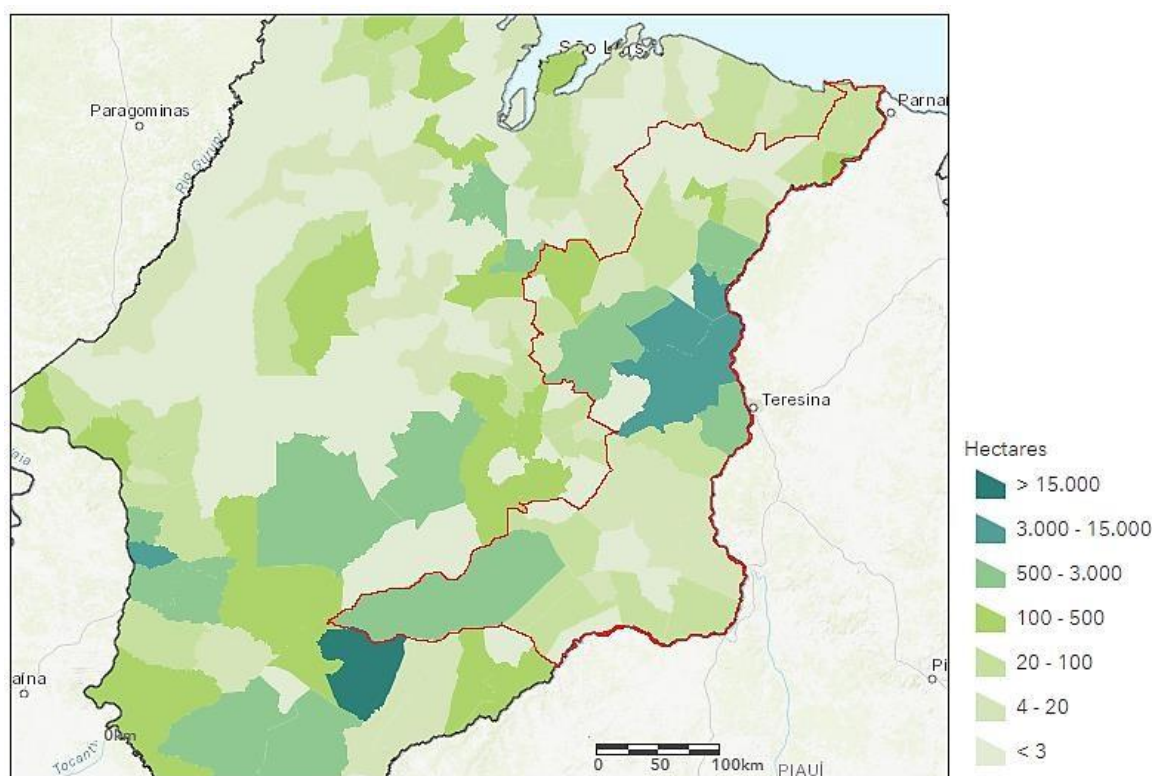


Figura 13. Áreas irrigadas do Estado, com destaque para a região do Leste Maranhense. Fonte: ANA (2021).

As análises de potencial de expansão e intensificação da agricultura irrigada utilizados no presente estudo foram feitas pela Agência Nacional de Águas (2021) e caracteriza-se como

uma pesquisa que reúne diversas variáveis explicativas com o objetivo de identificar áreas passíveis de instalação da agricultura irrigada. Os aspectos físico-ambientais foram pontos chave considerados para a análise, porém os pesquisadores alertam que existe uma carência de aplicação de modelos econômicos robustos e pesquisas em campo que poderiam ser associadas.

Dois aspectos da metodologia utilizada pela ANA (2021) merecem ser destacados: primeiro a consolidação de mapas de uso da terra, sendo consideradas passíveis de irrigação somente usos agropecuários já consolidados, descartando a abertura de novas áreas; segundo a demanda hídrica das culturas de referência, estimada nas microbacias a partir do uso consolidado, do balanço hídrico climatológico e de critérios técnicos de conversão em vazão unitária de projeto. O terceiro bloco da metodologia consolida as etapas anteriores (vazão necessária para irrigar toda a área de agricultura e pastagens disponível na microbacia). As áreas já irrigadas são descontadas, mas as áreas apenas fertirrigadas não são excluídas do potencial, podendo ser intensificadas com irrigação propriamente dita. Mais detalhes da metodologia podem ser consultados no Atlas de Irrigação (ANA, 2021).

Diante disso, ANA (2021) chama de intensificação a irrigação com água superficial sobre áreas de agricultura de sequeiro e de expansão a conversão potencial de pastagens para irrigação. Além disso, as áreas agropecuárias remanescentes, ou seja, sequeiro e pastagens, foram estimadas que poderiam se expandir com água subterrânea, visando apoiar regiões com limitação hídrica na superfície.

Dessa forma, de acordo com a análise feita pela Agência Nacional de Águas (2021), a área adicional irrigável para o Estado do Maranhão com água superficial por intensificação em agricultura de sequeiro é de cerca de 196.728 ha, enquanto que para expansão em pastagem o total é de 944.334 ha. Em relação à expansão com água subterrânea o total esperado é de 22.560 ha. Considerando águas superficiais e subterrâneas, a área adicional irrigável para o Estado é de 1.163.622 ha. Desse total, o potencial efetivo é de 71.577 ha (Tabela 1). Nenhum Estado do Nordeste se destaca como grande participante no potencial total e efetivo de área irrigável em relação ao total do país, sendo que os que mais contribuíram são pertencentes a Estados das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul. O Maranhão, particularmente, contribui apenas com 2,5% de área adicional irrigável total e 0,5% de potencial efetivo. Porém, em comparação com outros Estados do Nordeste, o

Maranhão, juntamente com a Bahia, são os dois Estados com maior potencial total e efetivo (ANA, 2021).

Já Ferrarini & Ferreira-Filho (2020) estimaram, por meio de uma projeção para 2025, como a expansão da irrigação impactaria positivamente os agregados macroeconômicos, como renda, consumo e investimento nos Estados do Nordeste. O Maranhão destacou-se como um dos Estados com maior possibilidade de ampliação da agricultura irrigada na região Nordeste, o que impactaria positivamente os agregados macroeconômicos regionais. A expansão seria de 28.268 hectares, o que representa apenas 1,45% do potencial de áreas irrigáveis descrito pela Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil, feita em 2014.

Quanto ao Leste Maranhense, considerando o horizonte 2040, espera-se aumento significativo na área irrigável, principalmente para Aldeias Altas (14,691 hectares), Coelho Neto (10.068) e Caxias (5,899 hectares), municípios que já se destacam atualmente, enquanto outros municípios ainda permanecerão com a área irrigável nula, seguindo o padrão experimentado no ano 2022. No total, a área total irrigável para o ano de 2040 é de 42.187 ha, o que representa um aumento de aproximadamente 45,4% em relação à área irrigada em 2022 (Tabela 2).

Em relação ao Potencial Total de cada município, observa-se uma ampla variação entre cada um, em que o município de Codó apresenta o maior valor de área adicional irrigável (17,257 ha), seguido por Coroatá (14.368 ha) e Caxias (13.205 ha). Observa-se uma grande discrepância entre o potencial efetivo e potencial total dos municípios, sendo o primeiro consideravelmente menor que o segundo, onde alguns municípios com alto potencial total, como Codó, chegam a ter 0 ha de potencial efetivo. Da mesma forma, o Potencial Total de área adicional irrigável para o Leste Maranhense como um todo é 140.723 hectares. Porém, o potencial efetivo é somente de 1.149 hectares, o que não chega a ultrapassar nem 1% do potencial total.

Tabela 2. Área irrigada ano 2022 (safra 2022-2023) e área adicional irrigável nos municípios do Leste Maranhense.

Município	Área total Irrigada (ano 2022)	Área total Irrigável (2040)	Área adicional Irrigável - Potencial Total	Área adicional Irrigável - Potencial Efetivo
Afonso Cunha	0	0	201	0
Água Doce do Maranhão	40	64	33	0
Aldeias Altas	10.022	14.691	2.153	0
Alto Alegre do Maranhão	0	0	1.537	0
Anapurus	46	77	947	277
Araioses	157	128	829	3
Barão de Grajaú	79	126	4.555	5
Belágua	2	4	30	0
Brejo	103	165	800	357
Buriti	765	1.200	1.263	236
Buriti Bravo	7	11	6.273	0
Capinzal do Norte	4	7	222	0
Caxias	4.126	5.899	13.205	10
Chapadinha	84	135	3.946	22
Codó	1.625	2.467	17.257	0
Coelho Neto	6.978	10.068	733	15
Colinas	344	414	6.898	0
Coroatá	121	193	14.368	0
Duque Bacelar	843	1.280	311	0
Jatobá	0	0	2.713	0
Lagoa do Mato	14	23	4.170	0
Magalhães de	222	354	574	0

Almeida				
Mata Roma	19	30	530	174
Matões	99	158	3.828	0
Milagres do				
Maranhão	8	12	249	14
Mirador	1.917	2.707	9.085	0
Nova Iorque	0	0	1.721	3
Paraibano	9	14	1.381	0
Parnarama	208	220	10.052	0
Passagem Franca	0	0	3.208	0
Pastos Bons	93	149	2.520	0
Peritoró	27	42	1.139	0
Santa Quitéria do				
Maranhão	0	0	508	0
Santana do				
Maranhão	0	0	141	0
São Benedito do				
Rio Preto	0	0	583	6
São Bernardo	32	51	686	0
São Francisco do				
Maranhão	20	32	3.067	0
São João do Soter	0	0	1.999	0
São João dos	31	50	3.084	0
Patos				
Sucupira do	47	74	2.134	0
Norte				
Sucupira do	0	0	3.583	0
Riachão				
Timbiras	9	14	3.399	0
Timon	908	1.327	4.269	0
Urbano Santos	0	0	538	26
Total	29.008	42.187	140.723	1.149

Fonte: ANA (2021).

Ainda Segundo a ANA (2021), a maioria dos municípios do Leste Maranhense com maior quantidade de área irrigada, como Aldeias Altas, Caxias, Coelho Neto e Codó, tem a Cana Irrigada como principal cultura do município, enquanto o restante dos municípios a tipologia de irrigação se encaixa em outras culturas e sistemas. Segundo a Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca do Maranhão, dos dez municípios que mais produziram cana-de-açúcar no estado em 2020, seis fazem parte do Leste Maranhense, o que indica que o Leste Maranhense exerce uma forte presença na produção de cana-de-açúcar, beneficiada por condições climáticas e de solo que favorecem a produção, além de boas práticas de irrigação que maximizam a eficiência do uso da água e aumenta a produtividade dessa cultura na região. Já a tipologia “outras culturas e sistemas” se concentra em áreas com menor volume de chuva e maior evapotranspiração, e compreende diversas culturas perenes, como banana, uva, manga, laranja etc. Entre os métodos de irrigação predominantes no Estado do Maranhão estão a aspersão – entre outros sistemas – e demais métodos sem predominância (ANA, 2021).

4.5. Limitações ao desenvolvimento da agricultura irrigada no Leste Maranhense

Segundo Basso et al. (2017), a região Meio-Norte do Brasil, formada por Maranhão e Piauí, apresenta um cenário promissor para o desenvolvimento agrícola sob o regime de irrigação. Essa potencialidade é em grande parte atribuída à boa disponibilidade de solos e recursos hídricos presentes em seus agroecossistemas.

Porém, ainda segundo os autores, os estados do Nordeste do Brasil compartilham algumas limitações ao desenvolvimento da Agricultura irrigada, que se reflete em muitos desafios a serem superados. Entre eles são citados os custos de produção na agricultura irrigada, que ainda são altos no contexto do Maranhão e necessitam de redução. Outro fator é que as culturas a serem irrigadas e comercializadas devem ser diversificadas. O uso dos recursos hídricos deverá ser aumentado levando em conta as características das mudanças no clima. Os irrigantes ainda devem passar por capacitação, para aprimoramento das habilidades e garantia de utilização eficiente das tecnologias, buscando o uso eficiente da água e prevenção da escassez desse recurso (BASSOI et al., 2017).

5. CONCLUSÃO

A expansão da irrigação no Leste Maranhense tem um potencial considerável em termos de área total. No entanto, a capacidade efetiva de realizar esse potencial é atualmente muito limitada, corroborado pela diferença entre o potencial total adicional irrigável (140.723 hectares) e o potencial efetivo adicional irrigável (1.149 hectares), fato que se repete em muitos municípios isoladamente. Os fatores limitantes podem incluir disponibilidade de água, infraestrutura, recursos financeiros e técnicos, de modos que os desafios que a região Nordeste já enfrenta se refletem também na mesorregião. A predominância de plantações de cana-de-açúcar pode ser considerado um fator limitante para diversificação da agricultura irrigada na região, o que implicaria na dificuldade de implementação de sistemas de irrigação mais variados e adaptados a outras culturas pelo fato da infraestrutura e as práticas agrícolas já estarem adaptadas às necessidades dessa cultura. Isso indica que, embora exista uma oportunidade para aumentar a produção agrícola através da irrigação, é necessário um planejamento cuidadoso e investimentos para transformar o potencial teórico em realidade prática.

6. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B. D.; VERÍSSIMO, L. S.; OLIVEIRA, L. T.; GALVÃO, M. J. D. T.; FEITOSA, F. A. **Pesquisa hidrogeológica em bacias sedimentares no Nordeste Brasileiro**. 2010.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília: ANA, 2021.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 1. Ed. Brasília: ANA, 2017.
- ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Sumário das bacias sedimentares**. 13ª Rodada de Licitações de Blocos para Exploração e Produção de Petróleo e Gás. 2015.
- ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. GeoMapsANP. Disponível em: <https://geomaps.anp.gov.br/geoanp/>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- BASSOI, L. H.; GONDIM, R. S.; RESENDE, R. S.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. A agricultura irrigada no Nordeste do Brasil: estado da arte, desafios e oportunidades. In: RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (Ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. 1 Ed. Brasília, DF: INOVAGRI, 2017.
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Polos de Irrigação no Nordeste do Brasil. desenvolvimento recente e perspectivas. Confins. **Revista franco-brasileira de geografia**, (23), 2015.
- CORRÊA, W.; CARVALHO, M. W. L.; MENDES, T. J. Atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Climatologia**, 32, 517-543. 2023.
- FERRARINI, A. D. S. F.; FERREIRA FILHO, J. B. Demanda por uso de água (consumo) na agricultura irrigada nos Estados do Nordeste para 2025. **Revista Econômica do Nordeste**, 51(4), 67-84. 2020.
- FERREIRA, A. N. P.; LIMA, C. F.; CARDOSO, F. D. F.; KETTELHUT, J. T. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Ministério do Meio Ambiente, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, Petrobras, Brasília, DF. 2007.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bacias e Divisões Hidrográficas do Brasil | 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- IMESC. **Anuário Estatístico do Maranhão** / Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. V. 1 (1968). São Luís: IMESC, 2010.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; SOUZA, D. L. **Caracterização ambiental das áreas com agricultura irrigada por pivôs centrais na região do Matopiba-Brasil**. 1ª ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Atlas do Maranhão**. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico/ Laboratório de Geoprocessamento – UEMA. 2. ed. São Luís: GEPLAN, 2002.

MEDEIROS, R. B.; SANTOS, L. C. A. Qualidade das águas e uso e cobertura da terra: subsídios para a gestão de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Pindaré, Maranhão–Brasil. *Agua y Territorio/Water and Landscape*, (24), 187-201, 2024.

NUGEO/UEMA, Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão. Bacias Hidrográficas e Climatologia no Maranhão. Universidade Estadual do Maranhão: São Luís, 2016.

PAOLINELLI, A.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. **Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia**. Piracicaba : ESALQ; Viçosa : ABID, 2022.

RODRIGUES, L. N ; DOMINGUES, A. F.; CHRISTOFIDIS, D. Agricultura Irrigada e Produção Sustentável de Alimento. In: RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (Ed.). **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. 1 Ed. Brasília, DF: INOVAGRI, 2017.

RODRIGUES, L. N; DOMINGUES, A. F. **Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. 1ª ed. Embrapa Cerrados, Brasília, DF: INOVAGRI, 2017.

SAGRIMA, Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca do Maranhão. **Perfil da Agropecuaria Maranhense 2020**. 2020.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Irrigação: gestão e manejo**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019.

SOUZA, R. F.; KHAN, A. S. A modernização da agricultura, classificação dos municípios e concentração da terra no Estado do Maranhão. **Revista Econômica do Nordeste**, 32(1), 96-111. 2001.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. Campinas, SP: Unicamp/FEAGRO. 2017.

URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R. **Princípios de agricultura irrigada: caracterização e potencialidades em Mato Grosso do Sul**. 1 Ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001.