

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

JESSICA CRHISTIE DE CASTRO GRANJEIRO OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO DA *Moringa oleifera* Lam. COM ÁGUA
PRODUZIDA SINTÉTICA PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEO NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2024

JESSICA CRHISTIE DE CASTRO GRANJEIRO OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO DA *Moringa oleifera* Lam. COM ÁGUA
PRODUZIDA SINTÉTICA PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEO NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologia em Nutrição de Plantas e Soluções para convivência com a Seca e Salinidade.

Orientador: José Francismar de Medeiros, Dr.

Co-orientador: Frederico Ribeiro do Carmo

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Oo Oliveira, Jessica Crhistie de Castro Granjeiro .
 OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO DA Moringa oleífera
 Lam. COM ÁGUA PRODUZIDA SINTÉTICA PARA A PRODUÇÃO
 DE ÓLEO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO / Jessica Crhistie
 de Castro Granjeiro Oliveira. - 2024.
 82 f. : il.

 Orientadora: Jose Francismar Medeiros.
 Coorientadora: Frederico Ribeiro Carmo.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
 Manejo de Solo e Água, 2024.

 1. Estresse hídrico. 2. Produção de sementes. 3.
 Salinidade. 4. Sustentabilidade. 5. óleo de
 moringa. I. Medeiros, Jose Francismar , orient.
 II. Carmo, Frederico Ribeiro, co-orient. III.
 Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JESSICA CRHISTIE DE CASTRO GRANJEIRO OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO DA *Moringa oleifera* Lam. COM ÁGUA
PRODUZIDA SINTÉTICA PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEO NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologia em Nutrição de Plantas e Soluções para convivência com a Seca e Salinidade.

Defendida em: 26 / 07 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

José Francismar de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Poliana Coqueiro Dias Araújo, Prof^a. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Keurison Figueredo Magalhães, Prof. Dr. (UERN)
Membro Examinador

Dedico este trabalho

*Aos meus pais, por nunca medirem esforços
para que fosse possível a realização de todos
os meus sonhos, sempre me incentivaram a
estudar. A minha avó Albaniza e minha tia
Cida por sempre acreditar na minha
capacidade e no meu potencial.*

*Tudo tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.*

Eclesiastes 3:1

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado forças, por ter me ajudado até aqui. Foram muitos momentos difíceis que quase desistia, mas ele me deu forças nessa caminhada.

Aos meus pais por me ofertar amor e apoio sempre, me ajudaram quando precisei, sempre me incentivaram a estudar. Aos meus irmãos que sempre acreditaram em mim.

Quero agradecer ao meu esposo Pietro que sempre me ajudou muito, principalmente emocionalmente, quando chegava desesperada, me apoiava, me consolava e procurava uma maneira de me ajudar com amor e carinho. Você foi essencial nesta jornada.

Obrigada aos meus avós que sempre estiveram presentes na minha vida.

A minha tia Cida por sempre me apoiar e incentivar aos estudos desde criança. A minha madrinha pelo carinho.

Agradeço a minha amiga Francielle, e parceira de experimentos, que foi essencial em todas as etapas, me ajudou bastante durante esses dois anos. A seu Antônio por sempre me ajudar durante os processos do experimento.

Obrigada ao meu orientador Jose Francismar por me orientar nessa jornada e está sempre disponível para tirar dúvidas e compartilhar os seus conhecimentos.

Obrigada ao pessoal do Laboratório, Rodrigo, Maik, Isabelle, Fagner, Dácio que sempre que puderam me ajudaram nas demandas.

As minhas grandes amigas Leticia, Dara e Joyce, que sempre estiveram presentes na minha vida.

Ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis- PRH-ANP, suportando com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&L da Resolução ANP nº 50/2015, por todo apoio financeiro ao projeto. Ao PRH 55.1- UFERSA, nas pessoas do Prof. Dr. Frederico do Carmo, Prof. Dr^a. Ruza Gabriela, Raniere, Daianni e aos colegas bolsistas do PRH 55.1- UFERSA.

Ao CNPq, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Agricultura Sustentável do Semiárido Tropical (INCTAGriS).

Ao PPGMS e a UFRSA.

RESUMO

A escassez hídrica no semiárido é um fator limitante para o cultivo de espécies agrícolas e florestais, incluindo as oleaginosas na região semiárida. A disponibilidade de água oriunda da produção de petróleo é uma alternativa na irrigação dessas cultivaras, possibilitando o uso de suas sementes na produção de biodiesel. A moringa (*Moringa oleifera* Lam) é uma planta originária dos Himalaias que se adapta a climas áridos e semiáridos e possui baixo custo de produção. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa viável para reutilizar a água produzida, que tem alta concentração salina, para uma irrigação otimizada da cultura da moringa para a produção de biodiesel. Para isso, foram cultivados 0,3 ha de moringa em uma área experimental localizada no campus leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), adotando o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 3x3+1 durante um período de cultivo de 18 meses. Os tratamentos consistiram em 3 lâminas de irrigação (L1=0,33ETc; L2=0,66ETc; L3=1,00ETc) e 3 níveis de condutividade elétrica da água produzida sintética de irrigação (S1=0,5 dS m⁻¹; S2=2,5 dS m⁻¹; S3=4,5 dS m⁻¹), aplicando irrigação localizada por microtubos, além de um tratamento testemunha, sem irrigação após o crescimento inicial. Realizou-se a análise da salinidade do solo na zona radicular durante o experimento, crescimento vegetativo da planta e o rendimento e caracterização do óleo. Os resultados encontrados foram submetidos a análise de variância e testes de Tukey e Dunnet, conforme Banzatto e Kronka. Os resultados evidenciaram que o manejo da irrigação não causou impacto significativo ao solo e que o período de chuva na região controlou a salinidade do solo. Além disso, a irrigação atuou positivamente no crescimento vegetativo, na produção de sementes e no rendimento do óleo. A irrigação com água produzida sintética minimizou os efeitos da salinidade no crescimento das plantas experimentais, evidenciando a tolerância da moringa à água de irrigação com CE até 4,5 dS m⁻¹.

Palavras-chave: estresse hídrico; produção de sementes; salinidade; sustentabilidade; óleo de moringa.

ABSTRACT

Water scarcity in the semi-arid region is a limiting factor for the cultivation of agricultural and forestry species, including oilseeds in the semi-arid region. The availability of water from oil production is an alternative for irrigating these crops, allowing the use of their seeds in biodiesel production. Moringa (*Moringa oleifera* Lam) is a plant native to the Himalayas that adapts well to arid and semi-arid climates and has low production costs. In this context, this study aims to present a viable alternative for reusing produced water, which has high saline concentration, for optimized irrigation of moringa for biodiesel production. For this purpose, 0.3 hectares of moringa were cultivated in an experimental area located on the eastern campus of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), using a randomized block experimental design in a 3x3+1 factorial scheme over a cultivation period of 18 months. The treatments consisted of 3 irrigation levels (L1=0.33ETc; L2=0.66ETc; L3=1.00ETc) and 3 levels of electrical conductivity of the synthetic irrigation water produced (S1=0.5 dS m⁻¹; S2=2.5 dS m⁻¹; S3=4.5 dS m⁻¹), applying localized irrigation through microtubes, along with a control treatment with no irrigation after the initial growth. Soil salinity in the root zone was analyzed during the experiment, along with vegetative plant growth, seed production, and oil yield and characterization. The results were subjected to analysis of variance and Tukey and Dunnett tests, as described by Banzatto and Kronka. The results showed that irrigation management did not significantly impact the soil and that the regional rainfall controlled soil salinity. Additionally, irrigation positively affected vegetative growth, seed production, and oil yield. Irrigation with synthetic produced water minimized the effects of salinity on the growth of experimental plants, demonstrating moringa's tolerance to irrigation water with EC up to 4.5 dS m⁻¹.

.Keywords: water stress; seed production; salinity; sustainability; moringa oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Área experimental. A. Localização da área experimental. B. Área Com a cultura já em desenvolvimento. C. Imagem aérea da área cultivada aos 12 meses do plantio.....	32
Figura 2	– Croquis da área experimental.	33
Figura 3	– Área experimental indicando as bacias de infiltração para localizar a aplicação da água pelo sistema irrigação localizado usando emissores tipo microtubo.....	35
Figura 4	– Emissores que aplicam diferentes Lâminas de irrigação.....	35
Figura 5	– Medição dos Tensiômetro usando tensímetro digital.....	36
Figura 6	– Lâmina de irrigação durante o experimento e precipitação diária.	37
Figura 7	– Dados meteorológicos observados durante o experimento.....	37
Figura 8	– Semente (A); Mudas da moringa em casa de vegetação (B); O solo preparado e sistema de irrigação instalado para o início do cultivo(C); e plantas transplantadas (D).....	38
Figura 9	– Área experimental após a realização da poda de frutificação.....	40
Figura 10	– Método de pesagem no campo (A); estufa utilizado para realizar a secagem das amostras (B).....	41
Figura 11	– (a)Moringa em floração, (b)frutificação e (c)colheita.....	42
Figura 12	– Preparo da semente para a extração do óleo (A); após passar no moinho tipo Willy (B)	42
Figura 13	– Processo de extração do óleo da Moringa	43
Figura 14	– Processo rotaevaporador (A); banho maria (B).....	43
Figura 15	– Equipamento Turbidity Meter KR2000.....	44
Figura 16	– Cor e aspecto visual do óleo da moringa	44
Figura 17	– Equipamento Kinematic Viscometer SVM 1101.....	45
Figura 18	– Coeficiente de cultura (Kc) da moringa irrigada por irrigação localizada, médias para diferentes períodos na estação seca de 2022 e 2023. Plantio em 15/07/2022.....	48

Figura 19	–	Curvas de tensão nos meses que foram aplicados diferentes lâminas de irrigação, considerando as médias das profundidades 15cm e 35cm.....	49
Figura 20	–	Potencial Hidrogeniônico (pH) de acordo com a interação da CE da Ap sintética com as Lâminas de irrigação.	53
Figura 21	–	Crescimento das plantas de moringa em relação à salinidade da água produzida sintética considerando sua condutividade elétrica (A); Crescimento das plantas em relação as lâminas de irrigação relativa aplicada (B) em três épocas.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Características químicas e físico-químicas da água produzida na fazenda Belém em Aracati/CE após tratadas, após filtragem (APF) e usando osmose reversa (APO).....	25
Tabela 2	– Análise da fertilidade e da salinidade do solo antes do plantio.....	32
Tabela 3	– Representação da interação dos tratamentos utilizados no estudo (S1= 0,5; S2=2,5 e S3=4,5 dS m ⁻¹) (L1=33%ETc; L2=66%ETc e L3=100%ETc)	33
Tabela 4	– Composição química das águas de abastecimento (S1) e após acréscimo das soluções de sais (Água produzida sintética)	34
Tabela 5	– Meses que foram realizadas coletas de solo de acordo com a aplicação de tratamentos e período de chuva.....	39
Tabela 6	– Período que foi realizada as podas durante o experimento em campo e altura que foi realizada as podas.....	40
Tabela 7	– Período que foi realizada as adubações durante o experimento em campo	40
Tabela 8	– Média dos tensiômetros durante os meses de outubro/2022 e dezembro/2023.....	49
Tabela 9	– Resumo da análise de variância considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para a condutividade elétrica do extrato de saturação nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023.....	50
Tabela 10	– Resumo da análise de variância considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para o pH nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023.....	52
Tabela 11	– Resumo da análise de variância considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para a RAS _{es} nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023.....	53
Tabela 12	– Resumo da análise de variância considerando a média das alturas das plantas de moringa por tratamento nos meses de outubro/22,	

	dezembro/22, abril/23, setembro/23 e dezembro/23 pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.....	55
Tabela 13	– Resumo da análise de variância considerando a média dos diâmetros do caule das plantas de moringa por tratamento nos meses de outubro/22, dezembro/22, abril/23, setembro/23 e dezembro/23 pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.....	59
Tabela 14	– Resumo da análise de variância considerando a média Produção de Matéria Seca por tratamento em 3 meses, 6 meses, 10 meses, 18 meses e total pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.....	61
Tabela 15	– Resumo da análise de variância considerando a média Produção de massa carbono no mês de dezembro (kg/ha) e Massa de carbono até abr/23 (kg/há) pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.....	62
Tabela 16	– Resumo da análise de variância considerando a média do teor do óleo (%) do rendimento de vagem, semente e do óleo (kg/ha) pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.	64
Tabela 17	– Resumo da análise de variância considerando a média das análises realizada no óleo bruto da moringa turbidez, índice de acidez, viscosidade cinemática e densidade pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.	67
Tabela 18	– Resumo da análise de variância considerando a média dos sais analisados no óleo bruto sendo o sódio, potássio e fosforo pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.....	69
Tabela 19	– Resumo da análise de variância considerando a média dos sais analisados no farelo da semente da moringa sendo o Nitrogênio, fosforo, potássio, sódio e cloreto pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Água Produzida
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CE	Condutividade Elétrica
CEes	Condutividade Elétrica do extrato saturação do solo
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
RN	Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO LITERATURA	20
2.1 Semiárido brasileiro	20
2.3 Uso eficiente da água	24
2.4 <i>Moringa oleífera</i> Lam.....	25
2.5 Óleo vegetal bruto da semente de Moringa.....	27
2.6 Biodiesel da Moringa	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Área do experimento	31
3.2 Água produzida sintética.....	33
3.3 Irrigação	33
3.4 Condução do experimento.....	36
3.5 Salinidade do solo	38
3.6 Podas e Avaliação biométricas.....	38
3.7 Colheita	40
3.8 Extração do óleo da Moringa	41
3.8.1 Determinação Índice de acidez.....	42
3.8.2. Determinação de turbidez, cor e aspecto.....	43
3.8.4 Determinação de sais no óleo da moringa.....	44
3.9 Farelo da semente (torta da semente).....	44
3.9.1 Análise de sódio, potássio, Fosforo.....	45
3.9.2 Análise de cloreto.....	45
3.9.3 Análise de nitrogênio	45
3.10 Análise de massa de carbono na planta.....	46
3.10.1 Carbono Orgânico Total.....	46
3.12 Análises estatísticas.....	47
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Coeficiente da cultura (kc) e umidade do solo	47
4.2 Salinidade Solo.....	49
4.3 Crescimento.....	54
4.3.1 Altura da moringa.....	54
4.3.3 Produção de matéria seca da moringa	60
4.3.3.1 Carbono	62
4.4 Óleo.....	65

4.4.1 Produção de semente e rendimentos do óleo da moringa.....	65
4.4.2 Análises do óleo da moringa	67
4.4.3 Íons minerais do óleo da moringa	69
4.5 Farelo da semente da moringa.....	69
5. CONCLUSÃO.....	71
Referências	72

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira é caracterizada pela baixa disponibilidade de água, sendo a água um elemento limitante na região (SCHMIDT et al., 2018). Em contrapartida, nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará existem centenas de campos petrolíferos, responsáveis pela extração de óleo de petróleo, gerando uma grande quantidade de um efluente que chamamos de água produzida.

A água produzida é um efluente extraído de poços de petróleo juntamente com o óleo, sem destinação específica, e que apresenta ampla variação de hidrocarbonetos na sua composição, dependendo do tipo e idade do campo, origem e qualidade do óleo, bem como do procedimento usado para sua extração, e possui salinidade elevada. Seu volume tende a aumentar à medida que o campo envelhece e a sua composição comumente contém minerais da formação, gotículas de óleo, produtos químicos da produção, sólidos suspensos, microrganismos e gases dissolvidos (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2000; AHMADUN et al., 2009). Por conta disso, a água produzida deve receber tratamento e destinação final adequada, de forma a ser disponibilizada para reuso.

No Brasil, a água produzida da atividade petroleira vem sendo estudado principalmente na irrigação em plantações de culturas para produção de biocombustíveis no semiárido nordestino, viabilizando os devidos cuidados para minimizar efeitos negativos no meio ambiente (XAVIER; GUIMARÃES; SILVA, 2010). Ademais, a água produzida apresenta constituintes que podem retardar o desenvolvimento ou apresentar-se tóxicos para as plantas, sendo componentes orgânicos e inorgânicos, recomendando-se tratamento prévio do efluente antes de sua aplicação na irrigação de plantas oleaginosas.

Segundo Almeida (2010), a água utilizada para irrigação deve ser analisada em três parâmetros cruciais que são a salinidade, sodicidade e íons específicos que causam toxicidade. Sendo que na água produzida sem tratamento de acordo com pesquisas realizadas na região do semiárido nordestino possuem esses parâmetros em alta escala, em média, a salinidade (NaCl) apresenta 1.606,1 mg/l, Cloretos 974,3 mg/l, sódio 512,3mg/l, bicarbonato 522,47 mg/l, boro 1,10 mg/l, Magnésio 16,86 mg/l. E após realizar o tratamento terciário por osmose reversa esses parâmetros apresentam seguintes características, em média, a salinidade (NaCl) 12,1 mg/l, Cloretos 7,4 mg/l, sódio 5,9 mg/l, bicarbonato 5,0 mg/l, boro 0,60 mg/l, Magnésio 0,29 mg/l. Um fator limitante de

difícil solução no tratamento da água produzida é reduzir os sais solúveis presentes com essa técnica de osmose reversa, devido esta técnica de dessalinização apresentar alto custo e atualmente economicamente inviável.

Uma cultura interessante de avaliar para a região do semiárido é a *Moringa oleifera* Lam, planta oleaginosa perene originária da Índia, que tem boa adaptação em áreas tropicais e subtropicais, sendo uma planta importante nas áreas econômica, industrial e medicinal, podendo ser utilizada todas as partes, sendo que cada parte possui propriedade nutricionais importantes. De acordo com Siguemoto (2013), os primeiros relatos da moringa no Brasil são da existência de plantas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, com posterior disseminação pelo Nordeste brasileiro. Em que, a semente da Moringa é extraída um óleo considerado de alta qualidade e com valor potencial de mercado (Santos, 2010)

De acordo com Pereira et al. (2016), a moringa tem grande importância na produção de biodiesel por sua boa quantidade e qualidade de óleo que produz, em média de 35%, apresentando óleo de coloração amarelo claro e alto valor agregado. De acordo com Da Silva et al. (2017), o desenvolvimento da Moringa não é afetado até a concentração de 80mM de NaCl, ou seja, apresenta tolerância até essa concentração salina com CE de 4,49 dS m⁻¹, por conta do seu sistema de defesa antioxidante eficiente, e a acumulação de prolina e translocação dos íons Na⁺ do sistema radicular para a parte aérea da planta.

A Moringa é tolerante à seca e tem sido encontrado no semiárido nordestino desde a década de 50, introduzida como planta ornamental (LORENZI & MATOS, 2002; MIRANDA et al., 2002). Segundo Costa (2012), as plantas jovens de Moringa aumentam a tolerância a seca após ciclos recorrentes de seca. Assim, por ser tolerante a seca, requer pouca água para ter bons rendimentos, e como também tem uma resistência a água salobra, e uso de pouca água salobra no período seco vai salinizar menos o solo, de modo que no período chuvoso o solo seria mais facilmente dessalinizado.

Em adição, essa espécie tem ótimo potencial para sequestro de carbono, que seria um produto secundário (crédito de carbono) para o mercado de carbono. Segundo Renner (2008) e Bianco (2015), as árvores são meios de grande importância que consomem e armazenam o CO₂ em seu processo de crescimento e desenvolvimento. A quantificação do estoque de carbono pode ser realizada pela estimativa da biomassa da planta acima e

abaixo da superfície do solo (Trentin, 2015). De acordo com Martins (2004), existem dois métodos principais para estimar o estoque de carbono, que seria o método destrutivo direto e o não destrutivo indireto. Para Velasco (2008), o método destrutivo direto consiste em coletar o material da árvore e pesar, obtendo assim a quantidade de biomassa. E o método indireto consiste em estimar por modelagem do ecossistema através de equações alométricas e imagens de satélite.

Para Bustamente et al. (2012), temperaturas elevadas, diminuição da precipitação e o aumento da duração da estação seca, podem deslocar as trocas líquidas do ecossistema de dreno para a fonte de carbono e intensificar as queimadas, e reduzindo assim o estoque de nutriente. Entretanto, quando a biomassa é alterada, principalmente no período seco do ano, reduz-se o estoque de carbono, o que é necessário para que a planta funcione como reservatório de carbono e assim ocorra não mitigação dessa vegetação, sendo assim adequado realizar uma irrigação durante todo o período seco do ano.

Estudo relata que a taxa de absorção de dióxido de carbono (CO_2) da árvore da moringa é vinte vezes maior que a da vegetação em geral, assim o plantio dessa planta pode diminuir os impactos das mudanças climáticas (DABA, 2016), obtendo um subproduto da planta da moringa, com um bom potencial para o mercado de carbono, fator essencial na escolha da cultura pelas indústrias petrolíferas nos últimos anos.

Como hipótese, a moringa tem potencial de crescimento e produção sendo irrigado com água produzida, efluente da indústria do petróleo, e o óleo extraído da semente da moringa tem qualidade e quantidade viável para a produção de biodiesel.

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa viável para reutilizar a água produzida do petróleo, que apresenta alta concentração salina, na irrigação otimizada da Moringa oleífera para a produção de óleo, visando para o fim produzir biodiesel.

2. REVISÃO LITERATURA

2.1 Semiárido brasileiro

A região do semiárido brasileiro é caracterizada pelas altas temperaturas, alta irradiação solar e baixa precipitação, e nos últimos anos tem-se observado aumento dessas características. De acordo com Lucena et al. (2021), o clima é uma das características

mais importantes do semiárido brasileiro, por conta da ocorrência das secas estacionais e periódicas. As características climáticas do semiárido brasileiro são singulares das demais regiões do país, o que influencia diretamente nas atividades agropecuárias e extrativistas, caracterizado pelo balanço hídrico negativo, com precipitações médias anuais inferiores a 800 mm e temperaturas médias de 23° a 27° C (Moura et al., 2019).

Schmidt et al. (2018) concluíram que no Estado do Rio Grande do Norte o déficit hídrico está se tornando cada vez mais preocupante, por conta das elevadas temperaturas, uma vez que as taxas de evapotranspiração aumentam ocasionando a diminuição de água nos solos. Tavares, Arruda, Silva (2019), concluíram um estudo em que as mudanças climáticas e as secas no semiárido brasileiro podem tornar essa região árida ao longo do tempo, o que acarretará reduções da disponibilidade hídrica e declínio das atividades agrícolas.

Em contrapartida, esta região é rica em campos de petróleo através das plataformas *onshore*. Segundo Freitas e Siqueira Filho (2018), o semiárido nordestino é privilegiado por ter algumas das cidades que mais promovem a extração de petróleo em terra no Brasil. Apesar de atualmente os poços presentes na região semiárida do país serem campos de produção maduros, obtendo assim o aumento na razão água-óleo produzida, sendo que esta área industrial é de extrema importância socioeconômica para a região.

De acordo com a resolução ANP nº 749/2018, refere-se campo de petróleo ou de gás natural maduro quando atingiu a produção maior ou igual 25 (vinte e cinco) anos ou cuja produção acumulada seja de, pelo menos, 70% do volume a ser produzido previsto. Segundo Mendonça, Costa e Neves (2018), concluíram que reativação de campo maduros são viáveis para indústria petrolífera, apresentando bons indicadores econômicos.

Atualmente, indústrias petrolíferas estão revitalizando campos maduros principalmente nas bacias terrestres do Nordeste. Mas em campos maduros o volume de água produzida pode ser 10 vezes maior do que o volume de óleo produzido (CONAMA, 2006). Sendo assim, o maior problema que as indústrias estão enfrentando é realizar a destinação adequado dessa água produzida pois deve seguir a Resolução CONAMA 393/2007, que estabelece que o descarte de água produzida deverá obedecer a concentração média aritmética simples mensal de óleos e graxas de até 29 mg/L, com

valor máximo diário de 42 mg/L, procurando assim alternativas para utilizar essa água produzida do petróleo.

2.2 Água produzida do petróleo

A água produzida (AP) do petróleo é o principal efluente gerado pela exploração e produção do petróleo. Sendo que, em média a cada barril de petróleo produzido são gerados cerca de três a sete barris de água, e a medida que os campos ficam maduros maior é a tendência de aumento desta quantidade de água produzida (Silva et al., 2007). Ou seja, a produção de AP é cada vez maior em comparação ao óleo produzido em campos maduros.

De acordo com Santana e Machado (2015), as características da AP dependerão da composição da formação geológica do local que foi retirada, podendo está presente compostos orgânicos, inorgânicos, produtos de corrosão, bactérias, grãos de rochas de formação, gases dissolvidos, produtos químicos. Segundo Santana (2009), as propriedades físicas, químicas e biológicas da AP dependem da formação geológica e a localização geográfica do reservatório.

Simplicio (2019) cita que grande parte da AP é reutilizada de alguma forma, geralmente é reinjetada no próprio campo que foi extraído após tratada, mas quando o campo de petróleo produz um volume muito grande de água, é indicado que seja realizado descarte ou utilizado de forma adequada após o devido tratamento dessa água, uma das formas de utilizar é na irrigação de oleaginosas, rosas ou flores ornamentais.

Tanto para a reinjeção da AP do petróleo, quanto para utilização dessa água é necessário prévio tratamento para obter padrões de valores estabelecidos pelo CONAMA e outros órgãos reguladores, por conta da sua composição poder gerar danos ao meio ambiente e a população. De acordo com estudo realizado por Souza et al. (2015), a AP sem nenhum tratamento pode causar sérios riscos ecológico, pode poluir lençóis freáticos, além de causar efeitos negativos ao ambiente aquático.

De acordo com Simplicio (2019), os principais agentes atribuídos a AP que tem potencial perigoso são os sólidos suspensos, metais pesados, orgânicos solúveis e emulsificados, orgânicos insolúveis, salinidade, radioatividade, produtos químicos, microrganismos, gases dissolvidos. É uma grande variedade de componentes que a AP pode ter, sendo necessário sempre um tratamento para a destinação.

Silva et al. (2021) citam que o tratamento da AP visa recuperar gotículas de óleo ainda existentes na água e adequá-la nas normas vigentes de acordo com o destino. Existem diversos tipos de tratamentos que são utilizados na indústria do petróleo, Campos et al. (2012) relatam que os tratamentos mais utilizados são: Flotação, filtração, hidrociclones, adsorção, eletroquímico, entre outros.

Barros e Guimarães (2021) abordam os tratamentos utilizados como métodos convencionais e métodos não-convencionais. Sendo os métodos convencionais: Separadores gravitacionais, Flotação e Hidrociclones, e os métodos não-convencionais: membranas cerâmicas, tratamentos químicos e tratamentos biológicos. O método a ser escolhido será de acordo com o destino escolhido para a AP.

A AP pode ser descartada, reinjetada ou reutilizada. Em relação as plataformas *offshore*, a AP pode ser descartada no mar, em relação as plataformas *onshore* pode ser descartada em terra. Se atentando sempre as resoluções em vigência. Segundo Zheng et al. (2016), a reinjeção da AP é a prática mais comum do gerenciamento da AP em terra, pois é comprovada que melhora a recuperação secundária de petróleo.

De acordo com Silva et al. (2021), a AP para reuso pode ser utilizada para irrigação de plantações. Considerando que a agricultura irrigada é o maior consumidor de água no mundo, a água de reuso para irrigação pode ser uma alternativa viável para minimizar o uso de água potável para irrigação global, uma vez que menos de 1% da água disponibilizada pela natureza é potável.

Sendo assim, uma ótima alternativa para se utilizar essa AP é na irrigação. Xavier et al. (2010) concluíram que existe a possibilidade de reaproveitamento da AP em atividades agrícolas, na utilização para irrigação de plantações oleaginosas no semiárido nordestino.

Segundo Leite (2020), a bacia potiguar é a maior produtora de AP em termos de volume, observando que a maior produção dessa água está no estado do Rio Grande do Norte, seguido do estado do Ceará.

Estudo realizado por Miranda et al. (2016) na fazenda Belém em Aracati/CE, apresentou como padrões de parâmetros médios físico-químico da AP da seguinte forma após tratadas por filtração (APF) e por osmose reversa (APO):

Tabela 01. Características químicas e físico-químicas da água produzida na fazenda Belém em Aracati/CE após tratadas, após filtragem (APF) e usando osmose reversa (APO)

	pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃	RAS
		dS m ⁻¹				mmolc L ⁻¹				(mmol L ⁻¹) ^{0,5}
APF	8,46	2,67	0,16	0,30	17,70	14,18	17,72	1,43	3,51	39,82
APO	7,56	0,53	0,10	0,07	4,54	0,40	2,50	0,35	1,38	20,89

Fonte: Miranda et al. (2016).

O maior problema da AP para a irrigação é a sua alta salinidade. Figueredo (2014) realizou um estudo em um campo maduro de petróleo na bacia Potiguar, no qual analisou-se quimicamente a AP deste campo em cinco zonas de produção do mesmo, classificou essa AP com uma salinidade muito alta, e teor médio de sódio, podendo ser utilizada em plantas altamente tolerantes aos sais.

Sendo assim, com os problemas hídricos na região do semiárido do Brasil a utilização da AP do petróleo pode ser uma alternativa para ser utilizada na irrigação de algumas culturas tolerantes a salinidade, além de um benefício para as indústrias petrolífera. Bandeira (2017) afirma que a utilização da AP para a irrigação é um benefício para a empresa de petróleo, pois antes essa água era tratada e descartada, e tem como alternativa em gerar renda para a empresa. De acordo com Pinto (2016), a AP pode ser uma alternativa viável, principalmente para a região do semiárido, pela questão do déficit hídrico e assim necessitam de reaproveitamento dos recursos, mas antes do reuso deve-se tratá-la afim de tornar possível sua reutilização.

2.3 Uso eficiente da água

O desafio mundial do século XXI em questão a água é o consumo o que pode gerar escassez hídrica. Cerca de 97,5% das águas são salgadas e 2,5% doce, sendo que cerca de 65% da água doce é destinada para a irrigação, assim a realização do manejo mais racional da irrigação pode gerar economia de grandes volumes de água (Reichart e Timm, 2016). Coelho (2022), destaca que o século XXI tem como estigma o aquecimento global e a escassez de água em diversas partes do globo terrestre, fatores ambientais que afetam diretamente na redução de recursos hídricos no Planeta, sendo assim necessário aumentar a eficiência do uso da água na agricultura

Lima (2017) afirma este fato da escassez de água no nordeste brasileiro, direcionando para o estado do Rio Grande do Norte, evidenciando AP de petróleo, a qual poderia ser reutilizada para a agricultura desta região no período de estiagem. Crisostomo et al. (2018), considera que a composição das águas produzidas para reutilização na irrigação não oferece risco de contaminação do solo e das plantas não comestíveis, considerando a resolução CONAMA nº 420/09.

Então reutilizar a AP de petróleo na irrigação de forma eficiente e com as devidas quantidades de acordo com a evapotranspiração da cultura é uma alternativa para o problema de escassez hídrica no Semiárido Brasileiro. Segundo Carvalho e Oliveira (2022), o consumo de água do conjunto solo-planta corresponde ao processo de evapotranspiração, ou seja, fator básico para determinar o total de água necessária a cultura para realizar manejo correto da irrigação e drenagem.

Desta forma, Santos et al. (2017) concluíram que a evapotranspiração da cultura (ETc) da moringa mostrou variações ao longo do tempo, totalizando 139,8 mm, enquanto a evapotranspiração de referência acumulada foi de 130,97 mm e a moringa enfrentaram leve restrição hídrica durante os períodos de menor radiação solar.

2.4 *Moringa oleífera* Lam

A moringa é uma planta perene originária do norte da Índia, pertence à família *moringaceae*. De acordo com Vieira (2017), a moringa é uma árvore que cresce bastante rápido e é resistente a climas secos. Fernandes et al. (2016), descreve a moringa por ser uma planta multiuso, por conta da sua composição nutricional, além de ser de fácil cultivo, crescimento rápido, é adaptado a diferentes tipos de solo e clima, podendo ser cultivada tanto em área de sequeiro como irrigadas.

Segundo Santos (2010), esta planta foi introduzida no Brasil por volta do ano de 1950, sendo encontrada na região do Nordeste do país. Segunda Gallão et al. (2006), a moringa cresce em regiões desde as subtropicais secas e úmidas, até tropicais secas e florestas úmidas. Cysne (2006), afirma que a Moringa é encontrada principalmente nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará.

De acordo com Santos et al. (2012), é uma planta exótica que é encontrada em diferentes regiões do nordeste do Brasil, por ser tolerante ao estresse hídrico. Segundo Pereira et al (2016), a moringa pode ser cultivada em zonas áridas, semiáridas e quentes,

por ser tolerante a seca e desenvolve-se com precipitações anuais entre 250e 3.000 mm.

A moringa é bastante conhecida no Nordeste brasileiro. Segundo Santana (2009), a moringa vem sendo cultivada em todo o território nordestino, por conta do seu potencial no tratamento de água para uso doméstico. Muitos autores apelidaram a moringa como “árvore milagrosa” ou “árvore da vida”. Matias et al (2023), afirma que a *M. oleífera* é utilizada para diversos fins, pelos seus aspectos nutricionais, compostos bioativos.

De acordo com Rangel (1999), os múltiplos usos da *M. oleífera* tornam-a altamente valiosa. Assim, existem muitos estudos que comprovam os inúmeros benefícios dessa árvore para uso alimentício, indústria farmacêutica, medicinal, biocombustíveis, para uso de forragem, são estudos realizados de todas as partes da planta desde da raiz, caule, folhas, flores, fruto e semente.

As folhas da moringa, segundo Gomes et al. (2019), são ricas em provitamina A, vitaminas B e C, Ferro, vários aminoácidos e proteína, ou seja, as suas folhas são altamente nutritivas e ricas em compostos fito químicos. De acordo com Lin et al. (2018), as folhas desta planta têm um alto potencial anti-inflamatório e antioxidante, em prevenção de doenças crônicas, como diabetes e câncer.

Araújo (2010) descreve o tronco da Moringa oleífera como de pequeno porte, tendo a madeira mole, porosa e amarelada. Kalavathy & Miranda (2009), realizaram um estudo e concluíram que a madeira da Moringa é uma boa matéria-prima para desenvolvimento de carvão ativado, sendo um adsorvente promissor para a remoção de cobre, níquel e zinco de soluções aquosas.

A Raiz possui aparência de tubérculos. De acordo com Araújo (2010), as raízes armazenam água e energia para sobrevivência e crescimento na época seca. Segundo Santana (2009) as raízes da moringa são consideradas estimulantes e diuréticas. Podem ser utilizadas para alimentação humana, pois tem aparência e sabor semelhante ao rabanete. Contudo Magalhães (2014) afirma que as raízes da moringa têm funcionalidade abortiva.

Pereira (2015) descreve as Flores da moringa sendo brancas ou cremes, possui odor muito doce, com estames amarelos grandes. Rangel (2007), afirma que as flores são bastante perfumadas, de cor branca ou bege.

O fruto, de acordo com Radovich (2011), é uma capsula trilobular. Segundo Souto e Maior Junior (2018), os frutos imaturos são verdes e quando atingem a maturidade são secos e de cor marrom, e dentro dos frutos encontram-se as sementes presas ao longo do seu comprimento.

A semente é rica em óleo e possui um flocculante ativo. Pereira (2015), descreve as como escura por fora e por dentro uma massa branca e oleosa. De acordo com Fahey (2005), a semente de moringa possui cerca de 30 a 40% de óleo. Segundo Pereira et al. (2016), o óleo das sementes da moringa tem alto valor agregado. Existem diversos estudos para a utilização do óleo extraído da semente para a produção de biocombustíveis.

Existem vários estudos utilizando a Torta da semente da moringa oleífera, na utilização de tratamento de água, no controle de perda de circulação em poços de petróleo e biofertilizante. Pereira et al. (2011), realizou um estudo que demonstrou que a torta da semente da moringa agiu eficientemente no tratamento de AP, removendo o óleo presente na água. Silva et al. (2018), desenvolveu um estudo onde comprova que a torta da semente da moringa tem potencial no combate a perdas de circulação em perfuração de poços de petróleo, apresentando estabilidade térmica. Rangel (1999), afirma que após a extração do óleo, a torta obtida pode ser utilizada como fertilizante.

Santos et al. (2022), concluíram que a Moringa pode ser utilizada como suplemento alimentar ou fitoterápico, pelo seu valor nutricional, alto potencial farmacológico e baixa toxicidade. Além disso, Câmara (2018) concluiu que a moringa tem importância em diversos setores, como alimentação de comunidades menos favorecida, para fins medicinais e como matéria prima para diversos segmentos industriais.

2.5 Óleo vegetal bruto da semente de Moringa

A semente da moringa possui uma amêndoa rica em óleo. Segundo Fahey (2005), a semente da moringa possui entre 30 e 40% de óleo. Rangel (1999) verificou que o óleo produzido é de cor amarelo pálido, com sabor de castanha, e ainda afirma que o óleo extraído das sementes da Moringa oleífera é levemente tóxico para consumo alimentício.

As formas de extração do óleo vegetal, segundo Chaves (2017), podem ser realizadas por prensagem mecânica ou pela extração por solvente. Almeida et al. (2015) realizaram estudo com a extração do óleo de moringa para avaliar o melhor método de

extração, concluindo que a extração por Soxhlet utilizando o solvente hexano se destacou, comparando com outros solventes como Acetona, Éter de petróleo e pela extração por prensagem. De acordo com Almeida (2015), o método de extração não influenciou na composição em ácido graxo do óleo, o que influenciou foi o teor do óleo (rendimento).

Segundo Passos et al. (2013), as sementes da moringa são ricas em proteínas e lipídeos e é rico em fibra e ácido ascórbico. Chaves et al. (2023) afirmam que o óleo vegetal das sementes de moringa tem a composição que variando com as regiões, ou seja, as condições geológicas e ambientais, e ainda conclui que o cultivo da moringa é viável nas regiões do semiárido brasileiro, pois o óleo extraído da semente pode ser utilizado em diversas indústrias.

Segundo Lilliehook (2005), a semente da moringa é oleaginosa e possui potencial de investigação em diversas áreas, como na nutrição humana e animal, indústrias farmacêuticas e cosmética, tratamento de água por floculação e para utilização de óleo lubrificante e biocombustível. Castro (2017), afirma que as sementes de moringa se extraem um óleo com propriedades antioxidantes e medicinais, podendo ser utilizado na produção de biodiesel de alta qualidade, ou para fabricação de lubrificantes, cosméticos, biofármacos e afins.

Sendo uma grande alternativa o uso desse óleo para a utilização na produção de biodiesel. Segundo Oliveira Junior et al. (2015), o óleo extraído das sementes possui excelente qualidade para diversas utilidades, afirmando que possui potencialidade para a produção de biodiesel.

Segundo AZAD et al. (2015), o óleo de moringa contém ácido graxo insaturado de 72,2%, alto teor de ácido behênico C22 (7,2%) e ácido esteárico C18:0 (6,0%) propriedades que estão dentro da faixa aceitável para considerá-lo para a produção de biodiesel.

2.6 Biodiesel da Moringa

Com o alto impacto ambiental causado pela extração de combustíveis fósseis, a busca por alternativas menos poluentes ao meio ambiente cresce cada vez mais. Bizerra et al. (2018) afirmam que as fontes energéticas que se destacam atualmente são o petróleo e derivados, ou seja, energias não renováveis que causam poluição atmosférica por conta da emissão de gases estufas, como dióxido de carbono e o metano.

Busca-se cada vez mais alternativas de energias renováveis. Segundo Neves (2021), no Brasil tem dois biocombustíveis em destaque, o etanol e o biodiesel, no qual o biodiesel é obtido a partir de gordura animal e de plantas oleaginosas. De acordo com o relatório produzido pelo MAPA (2013), o biodiesel e suas matérias-primas geram impactos ambientais significantes positivos, pela comprovada redução de emissões de gases do efeito estufa e outros benefícios.

Nesse contexto, são realizados frequentemente para encontrar plantas oleaginosas viáveis para a produção de biodiesel. Segundo Oliveira et al. (2017), no Brasil a matéria-prima mais utilizada na produção de biodiesel é o óleo de soja, mas o governo incentiva a utilização de outras matérias-primas, pois há uma competição de comércio nacional do óleo de soja para consumo humano.

Segundo Sant'anna et al. (2018), a escolha da matéria prima é realizada de acordo com decisões governamentais, pois os óleos vegetais utilizados para a produção de biodiesel variam com a região. Ramos et al (2017) concluíram que a diversidade de matérias-primas amplia a possibilidade de maior descentralização da produção de biodiesel no país, permitindo a expansão do setor industrial para regiões menos favorecidas.

Sant'anna et al. (2018), definem a moringa como uma cultura bastante atrativa para ser utilizada como matéria prima para a produção do biodiesel na região do Nordeste do país, por conta do seu cultivo fácil, baixo custo de produção e alto rendimento de óleo vegetal. Oliveira Junior et al (2015) concluíram que a utilização do óleo da semente da moringa para a produção de biodiesel é viável, tanto pela sua composição de ácidos graxos de qualidade quanto pela concorrência da produção de biocombustíveis *versus* produção de alimentos com a matéria prima.

Segundo a ANP resolução 920/23, especifica as características do biodiesel deve apresentar massa específica a 20°C em um limite de 850 a 900 kg/m³, viscosidade cinemática a 40°C 3,0 a 5,0 mm²/s, teor de água o máximo deve ser 200 mg/kg, índice de acidez o máximo deve ser 0,50 mg KOH/g.

2.7 Acumulo de carbono (produção de biomassa)

As mudanças climáticas estão sendo discutidas à nível global, pela mídia, pela população e pelos pesquisadores de todo o mundo. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) relatou que haverá um aumento médio global das temperaturas entre 1,8°C e 4,0°C até 2100, devido a atividades antrópicas.

Segundo Tilio Neto (2010), o efeito estufa é consequência do aquecimento global e assim das mudanças climáticas. Segundo Barbosa (2017), o efeito estufa refere-se ao aumento das concentrações de gases na atmosfera, conhecidos por gases do efeito estufa (GEEs), tendo como principais componentes dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

Segundo Reichardt e Timm (2016), o termo sequestro de carbono é empregado para processos, que fixam o carbono, com destaque para aqueles que ocorrem na agricultura, como o manejo adequado de irrigação, manejo correto do solo. De acordo com Arevalo et al. (2002), a cultura irrigada é essencial para mitigar a emissão de carbono que acentua o efeito estufa, uma vez que as plantas têm a capacidade de capturar dióxido de carbono da atmosfera com o processo da fotossíntese, que o utiliza para seu crescimento vegetativo. Lamas (2020), afirma que sistemas de manejo de solo e de produção são essenciais para mitigar o efeito estufa, reduzindo a emissão de CO₂.

Menezes et al (2021) estimaram uma parcela relevante de sequestro de Carbono em espécies da Caatinga, podendo contribuir para estimular a implementação de projetos de mitigação do aquecimento global na região, com a conservação do bioma e de práticas sustentáveis da agricultura.

A estimativa do estoque de carbono na cultura da Moringa é realizada através de alguns estudos. Gedefaw (2015) conclui que o plantio da moringa poderá mitigar os impactos das mudanças climáticas ou da vida sustentável. Segundo Daba (2016), as árvores de Moringa desempenham um papel significativo na mitigação dos efeitos adversos das alterações climáticas, por conta da capacidade de capturar carbono. O estudo realizado pelo Barbosa (2017), concluiu que a Moringa sequestrou mais dióxido de carbono que a oiticica (planta nativa do semiárido) em 4 meses que foi realizado a análise.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área do experimento

A pesquisa foi conduzida em área experimental localizada no campus Leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) (Figura 1), a 5°12'48'' de latitude Sul, 37°18'44'' longitude Oeste e altitude de 37 m, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias, no município de Mossoró – RN. No local, a precipitação média anual é de 673,9 mm e uma média anual de temperatura de 27°C (CARMO FILHO & OLIVEIRA, 1995).

A análise química do solo antes do transplântio, realizada em maio de 2022, é apresentada nas Tabelas 2, mostrando a análise de salinidade e de fertilidade, respectivamente. Os resultados indicaram um perfil de solo uniforme e com uma distribuição consistente de nutrientes e sais até a profundidade de 40 cm. Além disso, o solo apresentou-se normal quanto à salinidade ($CE < 4 \text{ dS m}^{-1}$; $PST < 15$ e $pH < 8,5$), conforme a classificação de Richards (1969).

Tabela 2. Análise da fertilidade e da salinidade do solo antes do plantio.

Prof.	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	P	CTC	PST
	(dS/m)								
0-20	1,15	7,62	1,5	0,48	0,35	0,23	30	2,63	13,3
20-40	1,12	7,66	1,8	0,33	0,37	0,22	16	2,72	13,6

Fonte: Autoria própria

Figura 1. Área experimental. A. Localização da área experimental. B. Área Com a cultura já em desenvolvimento. C. Imagem aérea da área cultivada aos 12 meses do plantio.



Fonte: Google Earth e Imagem aérea do próprio Autor

Foram avaliadas a combinação de três lâminas de irrigação (L1=0,33ETc; L2=0,67ETc e L3=1,00ETc) e três níveis de diluições da água produzida do petróleo sintética considerando sua salinidade (S1=0,5; S2=2,5 e S3=4,5 dS m⁻¹), incluindo um tratamento controle (T0), sem irrigação após 60 dias do transplântio, usando o delineamento em blocos inteiramente casualizados no esquema fatorial 3x3+1, com quatro repetições, como demonstrado no croquis (figura 2). Antes do transplântio, foi realizada adubação de plantio com MAP (10-52-00) – 110 kg ha⁻¹, conforme recomendação do boletim da Embrapa para a cultura e a análise de solo.

Figura 2. Croquis da área experimental.

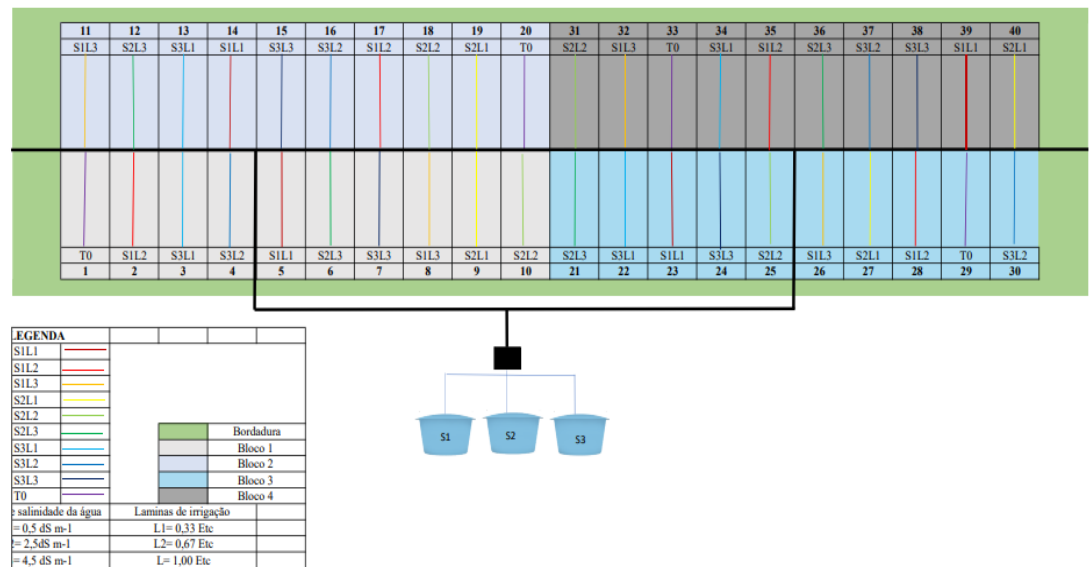


Tabela 3. Representação da interação dos tratamentos utilizados no estudo (S1= 0,5; S2=2,5 e S3=4,5 dS m⁻¹) (L1=33%ETc; L2=66%ETc e L3=100%ETc).

Representação dos tratamentos		
	T0	T0
	S1L1	T1
	S1L2	T2
	S1L3	T3
	S2L1	T4
	S2L2	T5
	S2L3	T6
	S3L1	T7
	S3L2	T8
	S3L3	T9

Autoria própria

3.2 Água produzida sintética

A água utilizada na irrigação foi elaborada de forma sintética, que simulou a composição média das águas produzidas da região do Rio Grande do Norte, quanto aos principais íons presentes que representa a salinidade da água para irrigação de acordo com Ayers e Westcost (1999).

A água S1 foi obtida da rede de abastecimento local Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte. As águas S2 e S3 foram obtidas a partir da adição de soluções previamente preparadas de NaCl (155 g L^{-1}), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (625 g L^{-1}) e salmoura das salinas ($20,8 \text{ g.L}^{-1}$ de Mg e $41,6 \text{ g.L}^{-1}$ de Na, 20 g L^{-1} de K, 20 g L^{-1} de S e 125 g L^{-1} de Cl) à água de abastecimento (S1), de modo a obter uma proporção molar de carga final de 4:2:1 de Na, Ca e Mg, que representa as características das águas produzida de petróleo da região de Mossoró. As misturas foram monitoradas a cada irrigação, utilizando condutivímetro de bancada.

Tabela 4. Composição química das águas de abastecimento (S1) e após acréscimo das soluções de sais (Água produzida sintética).

	CE	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃
	dS m ⁻¹	g/L-----					
S1	0,5	2,5	1,5	1,0	1,3	0,2	3,5
S2	2,5	12,5	6,5	3,5	15,0	1,0	6,5
S3	4,5	25,0	13,0	7,0	37,0	2,0	6,0

Autoria própria

3.3 Irrigação

O sistema de irrigação foi do tipo localizado, com emissores tipo microtubos, sendo um microtubo/planta, aplicando a água diretamente numa bacia de infiltração ao redor da planta (Figura 3). O controle das lâminas de irrigação foi controlado de acordo com o diâmetro e comprimento do microtubo utilizado como emissor, como ilustra a figura 4.

Figura 3. Área experimental indicando as bacias de infiltração para localizar a aplicação da água pelo sistema irrigação localizado usando emissores tipo microtubo



Figura 4. Emissores que aplicam diferentes Lâminas de irrigação



L1=0,33ETc;



L2=0,67ETc;



L3=1,00ETc

No tratamento considerado com irrigação plena (S1L3) as irrigações foram feitas a partir da lâmina de irrigação equivalente a Evapotranspiração da cultura (ETc) através da água de abastecimento do município de Mossoró-RN ($0,5 \text{ dS.m}^{-1}$) mantendo a umidade do solo neste tratamento, expressa em potencial matricial, entre a capacidade de campo (-3 kPa) e -30 kPa , obtidos a partir de duas baterias de três tensiômetros instalados a 15, 35 e 55 cm de profundidade (Figura 5). Nos demais tratamentos, mediu-se o potencial matricial usando uma bateria de tensiômetros instalados nas profundidades de 15 e 35 cm.

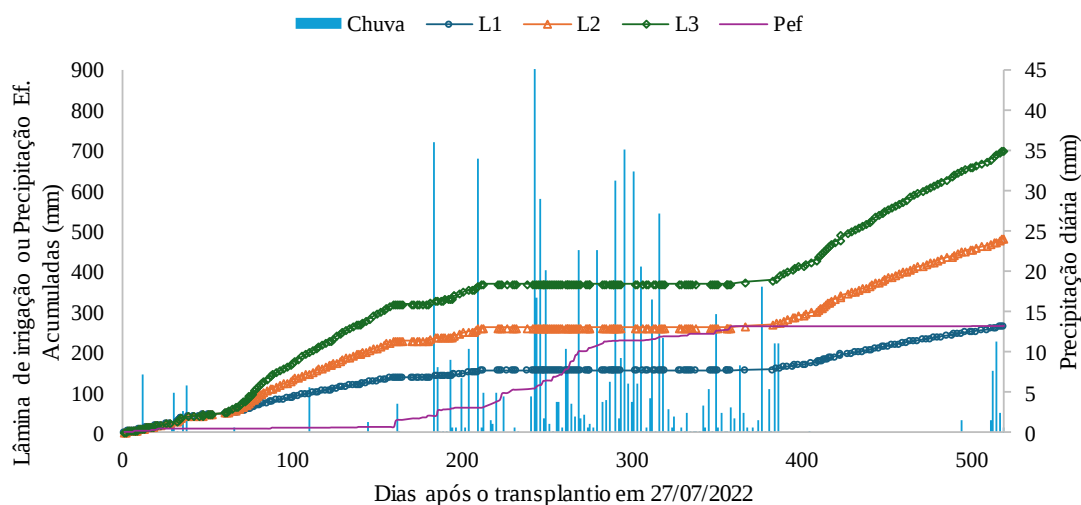
Figura 5: Medição dos Tensiômetro usando tensímetro digital



O monitoramento da umidade do solo, através das medidas de potencial matricial, foi realizado diariamente como mostrado a figura 5. As irrigações foram realizadas quando os tensiômetros instalados no tratamento de irrigação plena (S1L3), média dos tensiômetros de 15 e 35 cm de profundidade ultrapassava 10 kPa de tensão, mas nunca foi superior a 30 kPa, como mostra a figura 6, que apresenta as médias mensais das médias das tensões obtidas nas duas profundidades mais rasas.

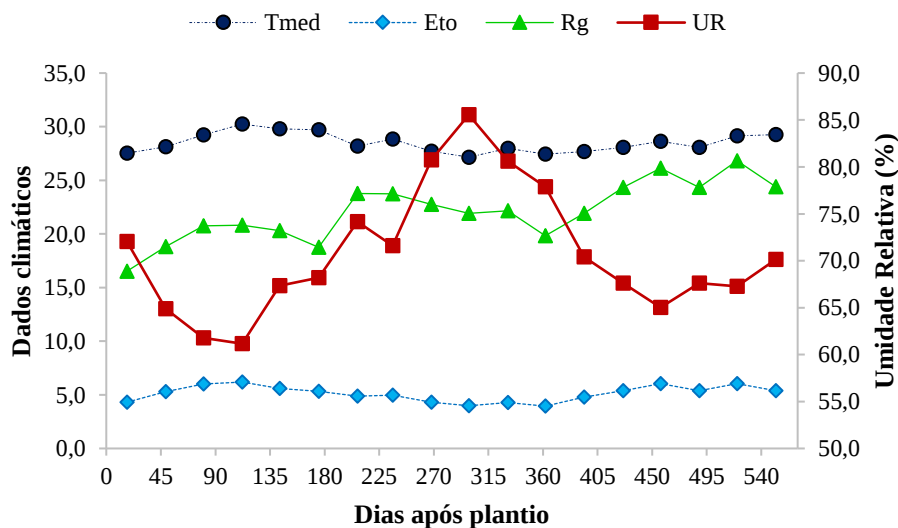
Durante o período experimental contabilizou-se precipitação total de 708 mm, enquanto a pré-irrigação foi de 46 mm de água, até 60 dias após plantio (DAP), sendo que dos dias 160 até 359 após o transplante foi o período de precipitação na região. Até os 212 dias após o plantio, antes que as chuvas suprissem totalmente a água para as plantas foram aplicadas na irrigação: L1= 107,6; L2=215,2 e L3=322,9 mm. Após o período chuvoso até dez/2023 as irrigações totalizaram: L1= 156,9; L2=266 e L3=376 mm (Figura 6).

Figura 6. Lâmina de irrigação durante o experimento e precipitação diária



A figura 7 mostra os dados climáticos (temperatura, Radiação Global, ETo e Umidade relativa) durante todo o período do experimento após o plantio.

Figura 7. Dados meteorológicos observados durante o experimento.



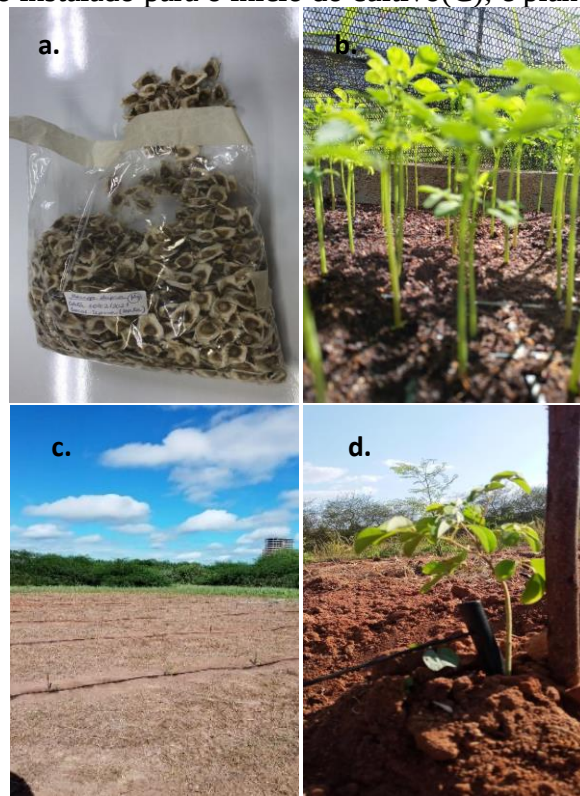
3.4 Condução do experimento

Inicialmente foi realizado o preparo do solo da área experimental, que constituiu de aração e gradagem de 0-20 cm. No mesmo período, iniciou a produção das mudas da Moringa, no qual as sementes utilizadas foram coletadas em plantas localizada no campus leste da UFERSA, as bandejas sementeiras era polietileno com 200 células utilizando

como substrato fibra de coco, na casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Análise de Solo Água e Planta do Semi-Árido - LASAPSA, conforme figura 8. O transplantio ocorreu quando as mudas atingiram 20 cm de altura em um espaçamento 1,5mx 3,0m sendo 6 plantas por parcela e 4 repetições, em abril/23 o espaçamento foi modificado para 3x3m (abril/23) reduzindo assim para 3 plantas/parcela em 4 repetições, para favorecer o crescimento da copa e assim favorecer a produção de frutos, do início ao fim do experimento a área experimental possuía bordaduras, sendo duas linhas no início e fim, e uma linha na extremidade.

Nos primeiros 60 dias, as plantas foram irrigadas por gotejamento, com uma linha lateral por fileira de plantas. Depois de conseguir um bom crescimento de plantas foi que implantou o sistema localizado com emissores do tipo microtubo/espaguete e iniciou-se os tratamentos.

Figura 8. Semente (A); Mudas da moringa em casa de vegetação (B); O solo preparado e sistema de irrigação instalado para o início do cultivo(C); e plantas transplantadas (D)



Durante todo o experimento foram realizados tratos culturais, como podas, adubação, controle de plantas daninhas (capinas e aplicação de herbicidas), manutenção da irrigação, entre outros.

3.5 Salinidade do solo

Foram realizadas coletas de solo de 6 em 6 meses a partir do início da aplicação dos tratamentos, sendo coletado primeiramente antes da aplicação dos tratamentos. No período de chuvas não foi irrigado, estratégia utilizada para oportunizar a lixiviação dos sais no solo, mitigando seu acúmulo localizado e outros impactos ambientais. As amostragens foram coletadas com auxílio de um trado holandês no perfil do solo de 0-40 cm para a determinação da salinidade, totalizando duas amostras por parcela experimental: uma de 0-20 cm de profundidade e outra entre 20-40 cm.

Tabela 5. Meses que foram realizadas coletas de solo de acordo com a aplicação de tratamentos e período de chuva.

Meses	Período de tratamento
Maio 2022	Antes dos tratamentos
Janeiro 2023	Após aplicação de tratamentos e término do período seco na região
Julho 2023	Após período de chuva
Dezembro 2023	Após aplicação de tratamentos e término do período seco na região

Autoria própria

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta do LASAPSA – UFERSA. Foram avaliadas as características químicas do solo, de acordo com a salinidade utilizando a metodologia da Embrapa (2009): Potencial hidrogeniônico (pH), Condutividade elétrica (CEes) e concentrações de Sódio (Na^+), Potássio (K^+) e Magnésio (Mg^{2+}) + Cálcio (Ca) solúveis.

3.6 Podas e Avaliação biométricas

Foi realizado durante todo o experimento quatro podas, com o auxílio de tesouras de podas e mine moto serra elétrica, de acordo com a tabela 6. A primeira poda foi a de formação realizada quando as plantas atingiram cerca de 1,50 m e foi cortada a 0,80m, a segunda foi a poda de condução quando atingiu cerca de 2 m e foi cortada a 1,20m. A terceira foi a poda de frutificação cortada novamente a 1,40 m. Em dezembro as plantas atingiam cerca de 5 metros após a frutificação e colheita, em seguida, foi realizado uma

poda drástica (Figura 9). Houve adubação de condução utilizando ureia, conforme a tabela 7.

Tabela 6. Período que foi realizada as podas durante o experimento em campo e altura que foi realizada as podas

Podas	Mês	Altura de corte (m)
Poda de formação	Outubro/2022	0,80
Poda de condução	Dezembro/2022	1,20
Poda de frutificação	Abril/ 2023	1,40
Poda drástica	Dezembro/2023	1,40

Autoria própria

Tabela 7. Período que foi realizada as adubações durante o experimento em campo

Adubação	Mês	Adubo
Adubação de plantio	Julho/2022	MAP – 110 kg/há
Adubação de condução	Janeiro/2023	Ureia – 70 kg/ha
Adubação de condução	Julho/ 2023	Ureia – 60 kg/ha
Adubação de condução	Novembro/23	Ureia - 60 kg/ha

Figura 9. Área experimental após a realização da poda de frutificação.



Antes da realização das podas foram feitas avaliações do crescimento vegetativo, a altura foi medida com fita métrica, expressa em metro (m). O diâmetro do caule foi determinado a partir de medição com paquímetro digital (resolução de 0,1mm) a 0,2 m

acima do solo, também foi realizado medições no mês de setembro/23, entre a poda de abril/23 e dezembro/23.

Após as podas foram feitas avaliações de biomassa, massa fresca total (figura 10) e matéria seca. Para estimativa da biomassa seca, separou-se as folhas do caule e determinou-se massa total, em seguida tomou-se uma amostra de cada parte, onde determinou-se massa fresca e seca após colocado em estufa a 65°C por 48 a 72 horas.

Figura 10: Método de pesagem no campo (A); estufa utilizado para realizar a secagem das amostras (B)



3.7 Colheita

No período de floração foi necessário submeter as plantas da moringa a um estresse hídrico durante 7 dias, para induzir a frutificação da moringa.

Em outubro de 2023, foi iniciada a colheita dos frutos (cápsulas), concluindo em dezembro de 2023, considerando o primeiro ciclo de produção. Foi realizado a contagem de frutos e sementes por fruto e total, além da pesagem, para obter os dados de produtividade (kg ha^{-1}) (figura 11).

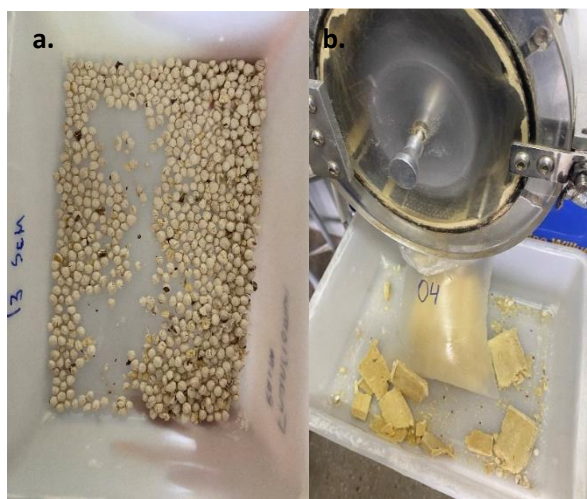
Figura 11: (a)Moringa em floração, (b)frutificação e (c)colheita



3.8 Extração do óleo da Moringa

Após o primeiro ciclo de produção, foi realizado o beneficiamento das sementes de acordo com os tratamentos, e armazenado em sacos kraft. Retirou-se 100 g de semente sem o tegumento e triturou para realizar a extração do óleo (figura 12).

Figura 12: Preparo da semente para a extração do óleo (A); após passar no moinho tipo Willy (B)



A extração foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Petróleo e Biocombustíveis da UFERSA, utilizou-se a metodologia de extração por solvente com auxílio do aparelho soxhlet (figura 13), utilizando-se cerca de 80g de sementes por amostra, triturada em moinho de facas e 600 ml de Hexano. A temperatura de extração foi mantida de acordo com o ponto de ebulição do solvente 68°C. Após o tempo de extração, utilizou-se 4 horas de lavagem do hexano e extração do óleo, procedeu-se com

a separação do óleo e hexano utilizando-se o equipamento rotaevaporador. Após esse processo, o óleo foi levado para um banho maria e agitadora a 105°C. (Figura 154).

Foi necessário realizar uma filtragem do óleo após o banho maria com o auxílio de uma bomba a vácuo para obtenção do resultado do óleo da semente da moringa oleífera.

Figura 13: Processo de extração do óleo da Moringa



Figura 14: Processo rotaevaporador (A) e banho maria (B)



3.8.1 Determinação Índice de acidez

Em um Erlenmeyer foi pesado 0,5g do óleo da moringa, foi anotado o peso. No Erlenmeyer, foi colocado 25ml de álcool etílico neutralizado, e 3 gotas de fenolftaleína 1%, após titulou-se com NaOH 0,1M, de acordo com a metodologia da Tecbio.

3.8.2. Determinação de turbidez, cor e aspecto

Foi realizado a análise de turbidez através do equipamento Turbidity Meter KR2000 (Figura 15), no qual determina a turbidez do óleo, no mesmo momento foi determinado a cor e aspecto de forma visual (figura 16).

Figura 15: Equipamento Turbidity Meter KR2000



Figura 16: Cor e aspecto visual do óleo da moringa



3.8.3 Densidade e viscosidade

Foi realizado a análise de Densidade e viscosidade cinemática no laboratório do PRH 55.1, na UFERSA, a partir do equipamento Kinematic Viscometer SVM 1101 da Anton Paar (figura 17), o qual realiza a análise das duas variáveis simultaneamente utilizando 5ml da amostra do óleo.

Figura 17: Equipamento Kinematic Viscometer SVM 1101



3.8.4 Determinação de sais no óleo da moringa

Para a determinação de sais, procedeu-se a digestão seca do óleo, pesou-se 0,5g em cadinho de porcelana, submetendo a amostra a mufla elétrica e aumentando gradualmente até 600°C por 3 horas e desligado. Após 24 horas do desligamento do equipamento, as cinzas foram filtradas com a solução de 25ml de HNO_3 1 mol L^{-1} .

Após esse procedimento foram realizadas as análises dos íons (Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca , Mg , N e P) de acordo com a metodologia da Embrapa (2009).

3.9 Farelo da semente (torta da semente)

Realizou-se a determinação dos minerais Na⁺, K⁺, Cl⁻, Ca, Mg, N, P do farelo da semente para verificar se houve efeito direto de acúmulo destes elementos para cada tratamento de acordo com a metodologia da Embrapa (2009).

3.9.1 Análise de sódio, potássio, Fósforo.

Foi realizado a digestão seca de acordo com a metodologia da Embrapa (2009), no qual foi pesado 0,5g do material em cadinho de porcelana, e colocado em mufla elétrica que foi aumentado a temperatura gradativamente até 500°C, após isso foi mantido por 3 horas e desligado. Após 24 horas do desligamento do equipamento, as cinzas foram filtradas com a solução de 25ml de HNO₃ 1 mol L⁻¹.

Para a determinação de sódio e potássio foram realizadas a leitura da solução da digestão seca no fotômetro de chama.

O Fósforo foi determinado por espectrofotometria, pipetou-se 5mL do extrato de fósforo total diluído em 1:80, adicionou-se 10 mL da solução ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30mg de ácido ascórbico em pó, como redutor. Agitou-se por 2 minutos e deixou-se desenvolver cor durante uma hora. Em seguida, foi realizada a leitura da densidade óptica no UV-Vis, com comprimento de onda de 660nm.

3.9.2 Análise de cloreto

Foi realizada a pesagem de 0,5g do material (farelo da semente de moringa), diluído em 50ml de Ca(NO₃)₂ 5%, agitado por 10 minutos, e em seguida filtrado. Em seguida foi pipetado 25ml da solução filtrada em erlemeyer de 125ml e efetivado sua titulação em Ag (NO₃).

A equação utilizada para determinação de Cl⁻:

$$Cl^{-} = (leitura - Branco) \times f(Ag(NO_3)) \times 4$$

3.9.3 Análise de nitrogênio

Realizou-se a digestão H₂SO₄ + H₂O₂ (Kjeldahl), no qual foi pesado 0,1g da amostra (farelo da semente de moringa) para um tubo digestor e adicionado 1g da mistura de sais, 2 ml de H₂SO₄ 98%, 1 ml de H₂O₂ 30% e colocado no bloco digestor que foi

aquecido lentamente até 350°C e mantido por 3 horas. Após isso, esperou esfriar e foi completado em um volume de 25ml com água deionizada.

Para determinação o nitrogênio foi utilizado o destilador de nitrogênio SL – 74, no qual foi transferido para o tubo digestor 10 ml do extrato digerido mais 10 ml de NaOH e conectado no destilador e, em um Erlenmeyer com 10ml de H₃BO₃ 2% na ponta do destilador. Após o processo do destilador que passa a solução de H₃BO₃ passa da coloração vinho para verde, é realizado a titulação com HCl 0,01 mol L⁻¹.

3.10 Análise de massa de carbono na planta

3.10.1 Carbono Orgânico Total

A análise de Carbono orgânico foi realizada a partir da amostra de caule de cada tratamento coletado na última poda, em dezembro de 2023, utilizando a metodologia adaptada por Yeomans & Bremner (1988).

Primeiramente, pesou-se 0,001g do caule da planta previamente desidratado em estufa de circulação forçada a 65°C), em tubo de digestão, adicionando 5ml da solução K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹, e, em seguida, 7,5ml de H₂SO₄ concentrado. Ocorreu a digestão em bloco digestor a temperatura de 170°C por 30 minutos. Após esfriar, transferiu-se o conteúdo do tubo digestor para o Erlenmeyer acrescentando água deionizada até atingir 80ml. Adicionou-se 0,3ml da solução indicadora e realizou a titulação com a solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 mol L⁻¹.

O cálculo para determinar o teor de carbono orgânico:

$$CO(dag\ kg - 1) = \frac{(A)(molaridade\ Sulf.Ferroso)(3)(100)}{Peso\ da\ amostra}$$

Onde:

$$A = \left[\frac{(Vba - Vam)(Vbn - Vba)}{Vbn} \right] + (Vba - Vam)$$

Conforme preconizado por Trenten (2015), a quantificação do estoque de carbono pode ser realizada pela estimativa da biomassa da planta acima e abaixo da superfície do solo. A quantificação do carbono foi realizada utilizando o método destrutivo, a partir da biomassa do caule durante todo o experimento após as podas e em dezembro foi realizada análise laboratorial para determinação do carbono total no caule, calculando a estimativa de massa de carbono total em kg por hectare.

3.12 Análises estatísticas

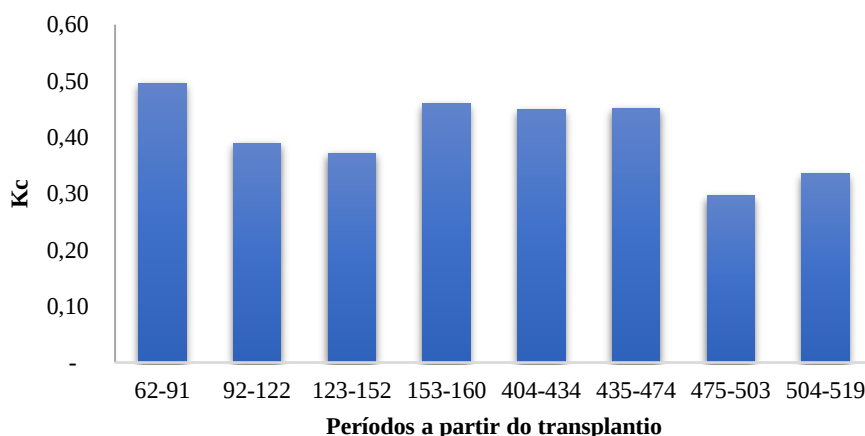
Os dados analisados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), verificando-se o grau de significância ao nível de 5% por meio de regressão, conforme descrito por Banzato e Kronka (2006). Às análises que apresentaram diferença significativa entre tratamentos foram aplicados os testes de Tukey, entre tratamentos, e de Dunnet entre os tratamentos e o controle (sem irrigação).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Coeficiente da cultura (kc) e umidade do solo

A figura 18 apresenta o coeficiente da cultura obtidos durante os períodos de irrigação após o plantio, que variou de 0,30 a 0,50 nas diferentes fases fenológicas. De acordo com Santos et al. (2017), em seu estudo com moringa no estado do Pernambuco os coeficientes da cultura (Kc) da moringa variaram de 0,73 a 1,73 nas diferentes fases fenológicas.

Figura 18. Coeficiente de cultura (Kc) da moringa irrigada por irrigação localizada, médias para diferentes períodos na estação seca de 2022 e 2023. Plantio em 15/07/2022



As lâminas 1,00ETc apresentaram menor tensão em relação aos mesmos níveis de igual salinidade, conforme médias demonstradas na tabela 8. Analisando isoladamente o tratamento S1, o aumento da tensão da água decresceu com o aumento da lâmina de irrigação e com o aumento da profundidade do solo.

Dentre as médias das tensões, o tratamento S1L1 apresentou maior média de tensão, o que refere a maior dificuldade das plantas em retirar água no solo (AZEVEDO & SILVA, 1999). Comparando os níveis de salinidade S2 e S3, houve inversão na tensão da água onde as profundidades 15cm apresentaram tensões maiores que suas respectivas profundidades de 30cm, com exceção do tratamento S2L2, o que evidencia o acúmulo de sais na zona radicular e estresse hídrico nas plantas.

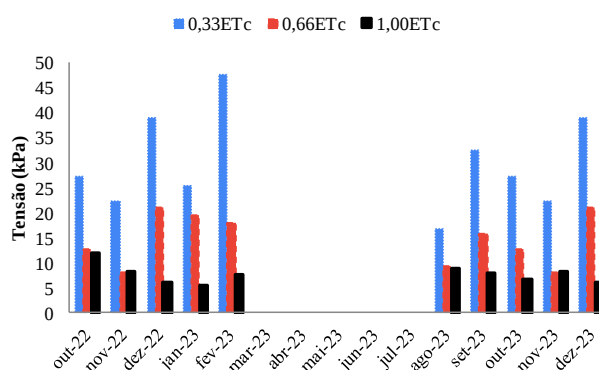
Tabela 8 - Média dos tensiômetros durante os meses de outubro/2022 e dezembro/2023

Profundidade	S1L1	S1L2	S1L3	S2L1	S2L2	S2L3	S3L1	S3L2	S3L3
(cm)	Tensão da água no solo (kPa)								
55	19,0								
35	34,2	15,6	13,4	11,8	11,1	6,3	10,8	8,3	7,2
15	35,7	7,8	9,4	13,1	7,1	10,3	11,3	9,2	12,2

Autoria própria

A Figura 19 evidencia que a curva de tensão (kPa) referente aos meses secos que foram aplicadas irrigação, a lâmina de irrigação de 1,00ETc manteve-se constante durante todo o período, com média de 7,7 kPa, enquanto a menor tensão medida durante o período foi de 5,6kPa. As lâminas de 0,66ETc e 0,33ETc apresentaram médias de 14,7 kPa e 30 kPa, respectivamente. Nos meses de março/23 a julho/23 foi o período chuvoso da região, sem aplicação de tratamentos.

Figura 19. Curvas de tensão nos meses que foram aplicados diferentes lâminas de irrigação, considerando as médias das profundidades 15cm e 35cm



4.2 Salinidade Solo

A análise estatística revelou variações significativas nas variáveis da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), pH e a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) ao longo dos períodos estudados, parâmetros utilizados para avaliação da salinidade conforme RICHARDS (1954) e AYERS & WESTCOT (1999).

A tabela 9 apresenta os resultados do comportamento do solo em relação a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), em períodos diferentes. Verifica-se que não houve interação significativa entre Salinidade e Lâmina de irrigação para nenhuma época, mas de forma isolada para o efeito da salinidade após o primeiro (01/2023) e segundo período chuvoso (12/2023), e para Lâmina de irrigação em julho e dezembro/2023.

Tabela 9. Resumo da análise de variância considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para a condutividade elétrica do extrato de saturação nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023.

FV	GL	Janeiro 2023	Julho 2023	Dezembro 2023
		CEes (dS m ⁻¹)		
Significância do teste F				
Fat x T0	1	0,000	0,473	0,393
Sal	2	0,000	0,246	0,003
Linear	1	0,000	0,099	0,000
Desv. Regr.	1	0,735	0,865	0,833
Lâmina	2	0,161	0,002	0,009
Linear	1	0,850	0,020	0,343
Desv. Regr.	1	0,745	0,003	0,000
S x L	4	0,680	0,799	0,492
dms (Tukey) entre S ou L		0,50	0,11	1,40
dms (Dunnett) To vs.S ou L		0,66	0,15	1,86
dms (Dunnett) To vs. Trat		0,98	0,22	2,78
Médias				
T0		0,78	0,61	3,58
S1		1,24 c	0,62 a	1,84 b
S2		1,87 b*	0,65 a	3,01 ab
S3		2,39 a*	0,70 a	3,99 a
L1		2,03 A*	0,64 AB	2,65 AB
L2		1,63 A*	0,57 B	4,00 A
L3		1,84 A*	0,75 A	2,19 B
Eq. Regr. Signif..		y=0,58CEa+0,64 r ² =0,996		y=1,07CEa+0,80 r ² =0,997
CV(%)		28,4	17,0	45,9
Média		1,7	0,7	3,0

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade (CE) da AP sintética; L= Lâmina de irrigação, em % da ETc; T0 = tratamento sem irrigação.

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade. Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

Observou-se um efeito significativo entre a média dos tratamentos que receberam irrigação e o tratamento sem irrigação (T0) e para o fator salinidade. A salinidade do solo (CEes) aumentou com a salinidade da água de irrigação, mas os valores foram menores do que da CE da água. As lâminas de irrigação não alteraram significativamente os valores da salinidade do solo. Em julho/23, após o período chuvoso da região, houve uma diminuição da condutividade elétrica do solo, indicando que o solo foi "lavado" durante o período chuvoso, ou seja, nenhum tratamento teve um efeito significativamente diferente do T0, sugerindo que a chuva neutralizou as diferenças de condutividade elétrica entre os tratamentos, exceto para lâmina de irrigação, onde observou-se maior valor para a maior lâmina, embora a salinidade do solo tenha reduzido a um terço.

No mês de dezembro de 2023, após o segundo ciclo de irrigação, houve efeito significativo para os fatores isolados de Salinidade e Lâmina de irrigação. Observando as médias dos tratamentos, o T0 apresentou uma CE bastante elevada em comparação aos meses anteriores. Isso pode ter ocorrido devido à adubação de cobertura realizada em novembro (mês anterior à coleta), e como não houve irrigação, acumulou-se sais no solo na camada superficial, ou seja, adubação de cobertura sem irrigação pode levar ao acúmulo de sais no solo, pois não ocorre a distribuição dos sais no sistema radicular, elevando a CEes significativamente.

Observa-se em janeiro que houve um aumento significativo da condutividade elétrica do extrato saturação do solo em função da concentração de sais da AP sintética. Em julho, após o período chuvoso, o acúmulo de precipitação de 708 mm/ano, a concentração de sais não apresentou efeito significativo, indicando que houve distribuição dos sais ao longo do perfil do solo abaixo dos 40 cm analisado. Em agosto, com a cessação das chuvas e a retomada da aplicação dos tratamentos até dezembro, houve um aumento significativo da CEes, sugerindo maior concentração de sais no solo à medida que a condutividade da AP sintética aumentava.

Apresenta o efeito da lâmina de irrigação em diferentes períodos, em relação a CEes. Em dezembro, depois do período seco, observa-se que há um efeito significativo entre as lâminas, principalmente entre a de 0,66% ETc em relação a lâmina de 1,00% ETc. Isto ocorreu por conta da maior quantidade de água aplicada em L3, fazendo assim com que os sais desse tratamento fossem lixiviados, enquanto a L2 não promoveu

lixiviação, mas com adicionou ao solo o dobro de água e sais, acumulou mais sais do que a L1.

Segundo Bernardo et al. (2022), a salinização do solo pode ocorrer devido à qualidade da água de irrigação, exigindo manejo adequado da água, eficiência no uso da água de irrigação e planejamento de drenagem e lixiviação. Duarte et al. (2015) sugerem práticas como estratégias de lixiviação de sais durante estações frias e uso de culturas mais tolerantes à salinidade. Timm e Reichardt (2016) destacam a importância de determinar corretamente a quantidade de água necessária para a irrigação visando o planejamento e manejo adequado de um sistema de irrigação.

A tabela 10 apresenta como o pH se comportou nos diferentes períodos do experimento. Houve efeito significativo para média dos tratamentos que receberam irrigação e o tratamento sem irrigação (T0) nas análises de solo imediatamente após a aplicação dos tratamentos, no período seco, de janeiro/2023 e dezembro/23. Medeiros et al. (2017) observaram que a irrigação com água salina aumenta o pH do solo conforme a salinidade da água de irrigação. Na última amostra de solo coletada (dezembro/2023) percebeu-se efeito significativo no valor do pH para a interação salinidade e lâmina de irrigação.

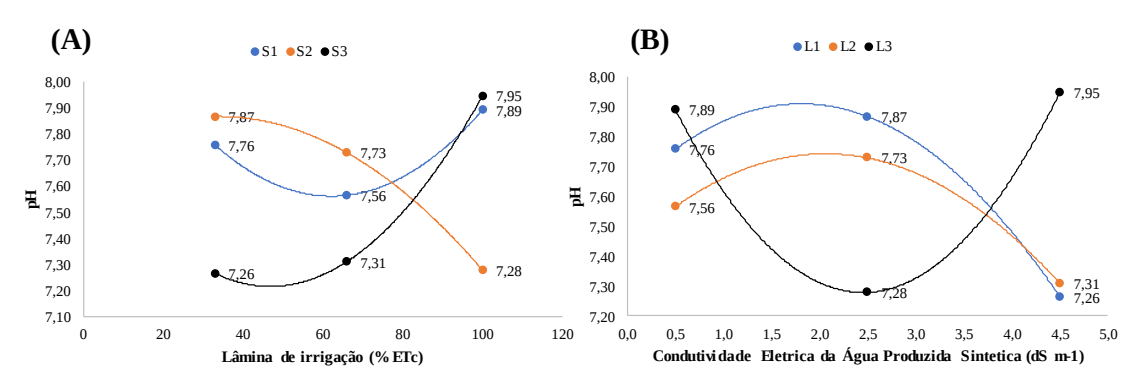
Utilizando-se o teste de Dunnett, a diferença significativa em relação ao controle no mês de janeiro a partir do tratamento T1, uma vez que os níveis de sais da água de abastecimento local com 0,33ETc demonstraram insignificante para variação de pH do solo. Em julho/23 nenhum tratamento apresentou diferença significativa em relação ao T0. Com relação ao mês de dezembro/23, houve efeito significativo dos tratamentos em relação ao T0, com os tratamentos T1, T3, T4, T5 e T9 apresentando valores superiores.

Tabela 10. Resumo da análise de variância considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para o pH nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023.

FV	GL	Janeiro 2023	Julho 2023	Dezembro 2023
		pH		
		Significância do teste F		
Fat x T0	1	0,000	0,184	0,039
Sal	2	0,356	0,950	0,371
Lam	2	0,346	0,753	0,574
S x L	4	0,915	0,055	0,030
dms (Tukey) entre S ou L		0,38	0,40	0,40
dms (Dunnett) To vs.S ou L		0,51	0,53	0,69
dms (Dunnett) To vs. Trat		0,75	0,78	0,53
Médias				
T0		7,10	7,15	7,17
T1 (S1L1)		7,84	7,28	7,76*
T2 (S1L2)		7,86*	7,31	7,56
T3 (S1L3)		7,89*	7,61	7,89*
T4 (S2L1)		7,89*	7,59	7,87*
T5 (S2L2)		8,11*	7,62	7,73*
T6 (S2L3)		8,25*	7,07	7,28
T7 (S3L1)		7,91*	7,23	7,26
T8 (S3L2)		7,95*	7,35	7,31
T9 (S3L3)		8,19*	7,78	7,95*
CV(%)		4,7	5,3	5,2
Média		7,9	7,4	7,6

Fonte: Autoria própria
S= Salinidade da AP sintetica; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação
* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Figura 20. Potencial Hidrogeniônico (pH) de acordo com a interação da CE da Ap sintética com as Lâminas de irrigação.



Segundo Costa (2019), o pH do solo pode ser influenciado pela água utilizada na irrigação, onde águas mais salinas tendem a elevar o pH do solo, fator ocorrido em todas as lâminas de irrigação avaliadas, uma vez que em julho/22 o pH do solo foi de 7,6. Já em 2023, houve diminuição de pH após a suspensão da AP durante o período e sucessiva elevação após a reintrodução das lâminas no período seco de agosto/23 a dezembro/23.

Tabela 11. Resumo da análise de variância considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para a RAS_{es} nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023.

FV	GL	Janeiro 2023	Julho 2023	Dezembro 2023
		RAS _{es} (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		
Significância do teste F				
Fat x T0	1	0,003	0,006	0,000
Sal	2	0,000	0,044	0,000
Linear	1	0,000	0,013	0,000
Desv. Regr.	1	0,547	0,878	0,959
Lâmina	2	0,317	0,346	0,003
Linear	1	0,800	0,222	0,970
Desv. Regr.	1	0,880	0,427	0,001
S x L	4	0,746	0,429	0,302
dms (Tukey) entre S ou L		1,66	0,30	1,9
dms (Dunnett) To vs.S ou L		2,16	0,35	2,5
dms (Dunnett) To vs. Trat		3,16	0,46	3,7
Médias				
T0		1,67	0,38	1,7
S1		2,70 a*	0,55 a*	4,0 a*
S2		4,52 b*	0,64 a*	5,9 b*
S3		5,69 b*	0,72 a*	7,8 c*
L1		4,57 A*	0,61 A*	5,1 B*
L2		4,58 A*	0,61 A*	7,5 A*
L3		3,75 A*	0,70 A*	5,1 B*
Eq. Regr. Signif.		y=1,5CEa+1,3 r ² = 0,98	y=0,08CEa+0,5 r ² = 0,99	y=1,9CEa+2,1 r ² = 1,00
CV(%)		38,6	34,0	33,0
Média		2,3	0,7	3,1

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintética; L= Lâmina de irrigação, em % da ETc; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

Os resultados da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) no solo, ao longo dos diferentes períodos do experimento, houve efeito significativo para a média dos tratamentos que receberam irrigação e o tratamento sem irrigação (T0), mostram que não houve interação significativa entre Salinidade e Lâmina de irrigação, para nenhuma época, mas de forma isolada para o fator salinidade em todo os meses analisados. E em relação ao fator lâmina apresentou efeito significativo no mês de dezembro de 2023, após o período maior que foi aplicado os tratamentos (irrigações).

O comportamento da RAS em relação à salinidade da água de irrigação, com aumento nos meses de janeiro e dezembro de acordo com a condutividade elétrica da água produzida sintética utilizada na irrigação, e estabilidade em julho. O aumento da RAS em dezembro reflete maior adsorção de sódio, prejudicando a estrutura do solo e reduzindo sua salinidade. Silva et al. (2014) concluíram que a RAS do solo aumenta proporcionalmente com a condutividade elétrica da água de irrigação.

Os dados indicam que a salinidade do solo e a relação de adsorção de sódio são influenciadas pela qualidade da água de irrigação e pela intensidade das chuvas. Durante períodos chuvosos, a salinidade do solo pode ser reduzida devido à lavagem do solo, enquanto durante períodos secos e com irrigação contínua, a salinidade pode aumentar de acordo com a lâmina de irrigação e a concentração de sais da AP sintética.

O coeficiente de variação (CV) indicou maior variabilidade dos dados em dezembro para CEEs, sugerindo maior flutuação na concentração de sais. O pH manteve variabilidade relativamente baixa, indicando estabilidade na acidez do solo. A RAS apresentou alta variabilidade, especialmente em janeiro e julho.

A análise estatística revelou variações significativas nos parâmetros estudados ao longo dos três períodos. Destacam-se as mudanças em dezembro, quando os tratamentos foram aplicados por um período mais longo (agosto – dezembro de 2023), em comparação aos períodos anteriores. O período de julho antecedeu a estação chuvosa da região, influenciando os resultados observados.

4.3 Crescimento

4.3.1 Altura da moringa

A análise de variância (Tabela 12) para altura da moringa nos meses dezembro/22, abril/23, setembro/23 e dezembro/23 apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) entre a testemunha (T0) e média dos tratamentos irrigados, não apresentando efeito significativo no mês de outubro/22, isto porque o início dos tratamentos diferenciados deu-se no dia 05 de outubro/22.

Tabela 12. Resumo da análise de variância considerando a média das alturas das plantas da moringa por tratamento nos meses de outubro/22, dezembro/22, abril/23, setembro/23 e dezembro/23 pela significância pelo teste de Dunnett e Tukey.

FV	GL	ALTURA				
		Out/22	Dez/22	Abr/23	Set/23	Dez/23
Significância do teste F						
Fat x T0	1	0,242	0,000	0,034	0,000	0,000
Sal	2	0,414	0,686	0,517	0,054	0,060
Linear	1	0,462	0,893	0,001	0,848	0,359
Desv. Regr.	1	0,270	0,396	0,132	0,017	0,028
Lâmina	2	0,911	0,355	0,538	0,003	0,005
Linear	1	0,827	0,392	0,681	0,021	0,019
Desv. Regr.	1	0,672	0,878	0,001	0,313	0,971
S x L	4	0,855	0,447	0,421	0,072	0,324
dms(S ou L) Tukey		29,8	17,8	31,7	25,1	30,2
dms(dentro) Tukey		51,64	30,90	54,99	43,40	52,38
dms(Dunnett) T0 vs. S						
ou L		39,7	23,7	42,2	33,3	40,2
dms (Dunnett) T0 vs Trat		59,09	35,36	62,92	49,66	59,94
Médias (cm)						
T0		106,0	182,5	400,5	336,7	326,8
S1		132,9	236,8 a*	435,7 a*	405,8 a*	417,6 a*
S2		116,7	231,9 b*	430,9 a*	384,5 b*	387,4 b*
S3		123,9	237,8 a*	445,5 a*	407,8 a*	406,2 ab*
L1		122,6	229,9 B*	429,1 B*	378,0 B*	381,6 AB*
L2		127,5	236,2 A*	441,8 A*	405,6 A*	403,6 B*
L3		123,4	240,4 A*	441,3 A*	414,6 A*	425,9 A*
Eq. Regr. Signif.		Y=0,5446L+363,25 (R²= 0,9166)			Y=0,6617L+359,81 (R²= 1)	
CV (%)		24,0	7,6	7,2	6,3	7,5
Média		122,6	230,2	433,7	393,1	396,0

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintética; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

Observa-se uma tendência de aumento na altura das plantas ao longo dos diferentes períodos analisados em relação a primeira avaliação (Out/22). Em relação ao fator salinidade da AP sintética, não mostrou efeito significativo para o crescimento da planta, indicando que esse fator não teve impacto consistente ao longo desses períodos. Para o fator lâmina de irrigação, apresentou efeito significativo nos meses Set/23 e Dez/23

($p < 0,05$). Para a interação entre os fatores S e L não apresentou significância estatística em nenhum mês.

Os resultados dos testes de Dunnett mostram consistentemente que os tratamentos que usou as águas S1 e S3, ou que se aplicou as lâminas L2 e L3 frequentemente se destacam como significativamente superior em altura comparados ao grupo de controle T0. O coeficiente de variação (CV) indica que a variabilidade relativa dos dados é mais alta no início do período de estudo (Out/22) e diminui ao longo do tempo, possivelmente devido a estabilização dos efeitos dos tratamentos.

Em relação as três primeiras avaliações, não houve efeito significativo entre tratamentos em relação as lâminas de irrigação e a altura das plantas, ou seja, teve pouco impacto no crescimento inicial das plantas. Isso se deu por conta que nos primeiros períodos a planta estava regulando seu mecanismo de defesa em relação ao estresse hídrico e salino utilizando metade da sua energia até atingir seu mecanismo de regulação. Azeem et al. (2023), relata que a moringa reduz o crescimento quando colocada em estresse salino, desviando grande quantidade de energia para o mecanismo de regulação de estresse.

Em setembro, com o início do período seco da região e a retomada da irrigação em agosto, a equação de regressão apresentou $y=0,5446x + 363,21$, $R^2= 0,9212$, assim observou-se uma forte correlação positiva, indicando que nesse período houve um crescimento significativo na altura das plantas. Em dezembro, período mais longo de aplicação dos tratamentos nas plantas, apresentou a regressão $y=0,6617x + 359,81$ com o $R^2= 1$, ou seja, a correlação foi perfeita, sugerindo uma relação direta e positiva entre a lâmina de irrigação e o aumento na altura das plantas, indicando que com o aumento das lâminas de irrigação resultaram em um crescimento proporcional das plantas.

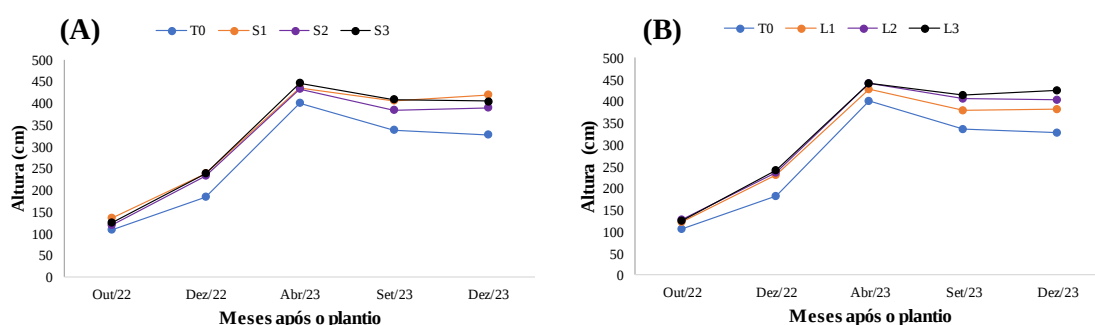
Em pesquisa Costa (2012), conclui que a altura da moringa oleífera jovem não é influenciada por estresse hídrico, mas apesar de ser mantida a planta sem irrigação, há uma alta redução de número de folhas podendo reduzir a área exposta à atmosfera responsável pela transpiração. Taiz e Zeiger (2009), afirma que as plantas e seus mecanismos de defesa com o estresse hídrico reduziram a sua taxa de crescimento. De acordo com Silva et al. (2017), a moringa utiliza mecanismos para tolerar altas

concentrações salinas da água irrigada, tendo um sistema de defesa antioxidante eficiente, acúmulo de prolina e translocação de íons de Na^+ das raízes para a parte aérea da planta.

Os resultados indicam que o fator Lâmina têm efeitos significativos na altura nos períodos que houve aplicação de tratamentos por período mais longo. Observa-se a relação da altura com os tratamentos fazendo uma comparação das médias das alturas por tratamento, demonstrando significância dos tratamentos em comparação ao T0 para os meses de dezembro/22, abril/23, setembro/23 e dezembro/23.

Todos os níveis de condutividade elétrica da AP sintética (T0, S1, S2, S3) e níveis de lâmina de irrigação (T0, L1, L2, L3) apresentaram crescimento significativo das plantas até abril de 2023, sendo que nesse período ocorreu uma poda e todas as plantas foram deixadas em uma altura de 140 cm. Os resultados mostram que tanto a Água produzida sintética utilizada na irrigação quanto os níveis de irrigação têm um impacto significativo no crescimento.

Figura 21. Crescimento das plantas de moringa em relação à salinidade da água produzida sintética considerando sua condutividade elétrica em comparação com T0 (A); Crescimento das plantas em relação as lâminas de irrigação relativa aplicada em comparação com T0 (B) no período de outubro/22 a dezembro/23.



Realizando a comparação do crescimento (Altura) do T0 com os fatores isolados obteve-se em relação as CE da AP sintética em termos percentual, em out/22 foi de S1= 25,4%, S2=10,1% e S3=16,9%, em dez/22 foi de S1=29,8%, S2= 27,1% e S3= 30,3%, em abr/23 foi de S1=8,8%, S2=7,6% e S3=11,2%, em set/23 foi de S1=20,5%, S2=14,2% e S3=21,1% e em dez/23 foi de S1= 27,8%, S2=18,5% e S3= 24,3%.

Realizando a comparação do crescimento (Altura) do T0 com o fator isolado da lâminas de irrigação em termos percentual, em out/22 foi de L1= 15,7%, L2=20,3% e L3=16,5%, em dez/22 foi de L1=26,0%, L2= 29,4% e L3= 31,7%, em abr/23 foi de L1= 7,1%, L2=10,3% e L3=10,2%, em set/23 foi de L1=12,3%, L2=20,5% e L3=23,1% e em dez/23 foi de L1= 16,8%, L2=23,5% e L3= 30,3%.

Assim, com o aumento da lâmina e a redução da CE apresentou uma proporção baixa relacionando ao crescimento da planta, ou seja, a redução da lâmina interferiu pouco. E em relação ao aumento da salinidade houve uma diminuição no crescimento da planta, mas em uma pequena proporção.

4.3.2 Diâmetro do caule da moringa

Os resultados da análise estatística (Tabela 13) indicam que houve um efeito significativo entre a testemunha (T0) e média dos tratamentos irrigados para todos os meses, exceto para out/22. Isso sugere que os tratamentos com aplicação da irrigação tiveram um impacto significativo no diâmetro das plantas de moringa.

Tabela 13. Resumo da análise de variância considerando a média dos diâmetros do caule das plantas de moringa por tratamento nos diferentes meses pela significância pelo teste de Dunnett e tukey

FV	GL	Out/22	Dez/22	Set/23	Dez/23
		(cm)			
		Significância do teste F			
Fat x T0	1	0,060	0,000	0,000	0,003
Sal	2	0,458	0,487	0,335	0,114
Linear	1	0,244	0,459	0,647	0,649
Desv. Regr.	1	0,668	0,347	0,162	0,043
Lam	2	0,799	0,005	0,029	0,036
Linear	1	0,317	0,251	0,158	0,060
Desv. Regr.	1	0,692	0,353	0,446	0,257
S x L	4	0,995	0,919	0,599	0,873
dms(S ou L) Tukey		18,19	6,47	9,97	12,54
dms(dentro) Tukey		31,51	11,20	17,27	21,73
dms(Dunnett)T0 vs. S ou L		24,20	8,61	13,27	16,69
dms (Dunnett)To vs. Trat		36,05	12,82	19,76	24,86
T0		19,19	39,17	109,34	123,12
S1		26,68	68,23 a*	138,27 a*	148,43 a*
S2		24,44	65,10 a*	134,20 a*	137,99 a*
S3		23,94	66,28 a*	140,13 a*	146,11 a*
L1		24,66	62,70 A*	132,87 A*	139,53 A*
L2		24,49	65,16 A*	135,79 A*	140,86 A*
L3		25,91	71,75 A*	143,93 A*	152,15 A*
Eq. Regr. Signif.		Y= 0,1355L+57,551 (R²=0,9392)		Y= 0,1654L+126,56 (R²=0,9352)	Y=0,1891L+131,63 (R²= 0,8348)
CV(%)		23,1	10,0	7,3	8,7
MEDIA		24,4	63,8	134,7	142,1

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintetica; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

Para o parâmetro de salinidade, não houve efeito significativo. Isso significa que as diferentes concentrações salinas aplicadas não tiveram um impacto estatisticamente significativo no diâmetro das plantas de moringa ao longo do tempo. O fator lâmina de irrigação apresentou efeito significativo nos meses de dez/22, set/23 e dez/23. Isso indica que a quantidade de água utilizada na irrigação teve um impacto positivo no diâmetro das plantas nesses períodos específicos. Não houve efeito significativo para a interação entre salinidade e lâmina de irrigação.

A análise de variância dos diâmetros dos caules das plantas revelou padrões interessantes ao longo dos períodos analisados. A média dos diâmetros aumentou

consistentemente ao longo dos períodos, refletindo o crescimento das plantas. Nos primeiros meses (outubro/22), não houve diferenças significativas entre os tratamentos e o controle. Porém, a partir de dezembro/22, todos os tratamentos começaram a mostrar diferenças significativas em relação ao controle.

Os coeficientes de variação (CV) indicam que a variabilidade entre as medições dos diâmetros foi geralmente baixa, com exceção de outubro/22, que apresentou uma variabilidade moderada.

O aumento do diâmetro do caule consistente com o aumento da lâmina de irrigação em comparação ao tratamento sem irrigação, ou seja, o fator lâmina de irrigação tem um impacto positivo notável para o crescimento do diâmetro da moringa. Segundo Moraes (2022), o estudo sobre o efeito de diferentes lâminas de irrigação (%) no diâmetro do caule da moringa aos 90 dias mostrou que a menor lâmina de irrigação (33% da ETc) resultou no menor diâmetro do caule na altura do peito. Em contraste, a maior lâmina de irrigação (100% da ETc) proporcionou o maior diâmetro do caule na mesma altura e período. Esse resultado destaca a importância da quantidade adequada de água para o desenvolvimento ótimo da moringa, refletindo diretamente na robustez do caule da planta.

4.3.3 Produção de matéria seca da moringa

Para massa seca da planta (kg/ha) em todos os meses (3, 6, 10 e 18 meses) observou-se um efeito significativo entre a média dos tratamentos que receberam irrigação e o tratamento sem irrigação (T0), com $p < 0,05$. Isso significa que os tratamentos que receberam irrigação têm diferença significativa na massa seca das plantas ao longo do tempo em relação ao tratamento sem irrigação (T0). O fator salinidade (Sal) mostrou efeito significativo somente para o mês de dezembro/23, lâmina (Lam) somente em outubro/23 e a interação entre salinidade e lâmina (S x L) não mostrou efeito significativo. Isso indica que esses fatores individuais e suas interações não têm um efeito significativo sobre a massa seca das plantas, somente em comparação ao tratamento sem irrigação (T0) ou depois do segundo período de irrigação. Barbosa (2017), afirma que a

moringa quando está em situação de restrição hídrica, ou seja, escassez de água ocorre o amarelecimento das folhas, murcha das folhas até a perda total das folhas.

Tabela 14. Resumo da análise de variância considerando a média Produção de Matéria Seca por tratamento em 3 meses, 6 meses, 10 meses, 18 meses e total pela significância pelo teste de Dunnett e tukey.

		3 meses	6 meses	10 meses	18 meses	MS total
FV	GL	Msplanta	Msplanta	Msplanta	MSplanta	MS total
(kg/ha)						
Significância do teste F						
Fat x T0	1	0,001	0,000	0,001	0,010	0,000
Sal	2	0,561	0,363	0,433	0,019	0,080
Linear	1	0,457	0,762	0,704	0,643	0,737
Desv. Regr.	1	0,441	0,168	0,219	0,006	0,185
Lam	2	0,000	0,061	0,204	0,067	0,031
Linear	1	0,296	0,164	0,362	0,005	0,246
Desv. Regr.	1	0,362	0,696	0,204	0,957	0,227
S x L	4	0,557	0,522	0,340	0,652	0,768
dms(S ou L) Tukey		234,8	402,4	1930,9	1012	2694,7
dms(dentro) Tukey		406,67	697,03	3344,49	1752,9	4667,39
dms(Dunnett)T0 vs. S ou L		312,4	535,4	2569,1	1346,5	3585,3
dms (Dunnett)To vs. Trat		465,34	797,58	3826,98	2005,78	5340,72
Médias						
T0		77,7	192,3	3660,5	743,6	4674,1
S1		603,4 a*	1470,8 a*	7765,6 a*	2657,7 a*	12497,4 a*
S2		503,6 b*	1296,5 b*	6769,5 b*	1499,7 b*	10069,3 b*
S3		531,9 a*	1520,3 a*	7467,3 a*	2466,5 a*	11986,1 a*
L1		350,7 B*	1246,6 B*	7116,3 B*	1701,3 B*	10414,9 B*
L2		497,8 B*	1394,1 B*	6754,2 B*	2225,6 B*	10871,7 B*
L3		790,4 A*	1646,8 A*	8131,9 A*	2697,0 A*	13266,2 A*
Eq. Regr. Signif.		Y=497,87L+1212,2 (R²= 0,9991)			Y= 1425,6L+8886,3 (R²=0,8666)	
CV(%)		46,4	30,4	27,4	48,4	24,5
MEDIA		499,4	1305,5	6966,8	2061,5	10833,3

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintetica; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

Em relação as médias, observa-se que em dezembro de 2023 houve uma diminuição em relação a última medida em abril/23, por conta que no período de frutificação a moringa solta as folhas, ou seja, há uma diminuição de folhas na planta.

A produção de massa seca na moringa em relação a CE da água produzida sintética no mês de dezembro e o total obtido durante todo o experimento, mostrou-se que

as plantas com a água S2 obteve-se menos biomassa comparando com o S1 e S3, isso ocorreu porque a moringa irrigado com a água produzida sintética com o nível de salinidade de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ seu metabolismo ainda estava em ativação de genes de defesa para neutralizar o efeito salinidade, sendo assim utilizando maior demanda energética na fase de ativação defesa ao estresse salino, influenciando a menor produtividade, e para água produzida com maior salinidade, já obteve-se a adequação metabólica devido ao alto teor de salinidade. A produção de massa seca da moringa em relação as lâminas de irrigação mostrando o crescimento linear de acordo com o aumento das lâminas de irrigação, em dezembro mostrando a equação de regressão de $y=497,87L+1212,2$ com o coeficiente $R^2= 0,9991$ e para a produção total de massa seca apresentou equação de regressão de $y=1425,6L+8666,3$ com o coeficiente $R^2= 0,8666$.

4.3.3.1 Carbono

Os resultados da análise estatística (Tabela 15) indicam um efeito significativo para a média dos tratamentos que receberam irrigação e o tratamento sem irrigação (T0) para a massa de carbono no mês de dezembro. Isso sugere que o uso da irrigação proporcionou diferenças significativas em relação a T0 na quantidade de carbono produzido na colheita do mês de dezembro

Tabela 15. Resumo da análise de variância considerando a média Produção de massa carbono no mês de dezembro (kg/ha) e Massa de carbono até abr/23 (kg/ha) pela significância pelo teste de Dunnett e Tukey, e equações de regressão significativas.

FV	GL	Teor Carbono	M Carbono em	M Carbono 10
		Dezembro	Dezembro/23	meses
		g/kg	(kg/ha)	
Significância do teste F				
Fat x T0	1	0,079	0,007	0,000
Sal	2	0,328	0,013	0,272
Linear	1	0,970	0,647	0,651
Desv. Regr.	1	0,139	0,004	0,124
Lam	2	0,712	0,065	0,090
Linear		0,157	0,004	0,154
Desv. Regr.		0,806	0,936	0,296
S x L	4	0,091	0,707	0,346
dms(S ou L)		23,3	442,3	1093,9
dms(dentro)		40,33	766,12	1894,71
dms(Dunnett) T0 vs. S ou L		31,0	588,5	1455,4
dms (Dunnett) T0 vs. Trat		46,14	876,64	2168,05
Médias				
T0		416,9	308,5	1655,2
S1		443,3	1184,5*a	4439,8*
S2		430,7	654,4b	3732,6*
S3		442,9	1102,1*a	4238,4*
L1		434,6	756,1 ^a	3819,3*
L2		440,4	990,7*A	3870,3*
L3		442,0	1194,2*A	4721,1*
Eq. Regr. Sigin.		y = 6,53L + 547 (r ² =0,998)		
CV(%)		5,3	47,8	27,8
Média		436,8	913,2	2888,7

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintética; L= Lâmina de irrigação, em % da ETc; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Tratamentos específicos apresentaram níveis significativamente diferentes de massa de carbono em comparação ao grupo controle. Vale salientar que essa medição de dez/2023 foi apenas parte de caule colhido pela poda, não determinando o acúmulo nas capsulas dos frutos colhidos, tegumentos das sementes ou folhas que caíram durante 4 meses, desde a poda de frutificação realizada (em abril/23), o que pode inferir maior potencial de acúmulo de carbono nestas partes não contabilizadas e maior contribuição na mitigação referida.

Da mesma forma, foi observado um efeito significativo para a média dos tratamentos que receberam irrigação e o T0 na massa de carbono durante os 10 primeiros meses período experimental, onde estimou-se o carbono com a produção de massa seca.

Daba (2016), afirma que a árvore da Moringa tem um grande potencial para armazenar carbono, podendo mitigar os impactos das mudanças climáticas. Nesse viés, Gedefaw (2015) concluiu que a moringa armazena mais carbono em suas partes, assim o plantio desta árvore pode mitigar os impactos das mudanças climáticas ou uma vida sustentável.

A massa de carbono analisada e estimada no mês de dezembro, a partir da massa seca do caule (Tabela 15), apresentou média para S2 menor que a média para S1 e S3. A salinidade pode afetar a produção de biomassa, considerando a diminuição da eficiência da fotossíntese em plantas não adaptadas, principalmente devido a densidade estomática e condições ambientais, o que não aconteceu com a moringa quando submetida a níveis de salinidade até 4,5 dS.m⁻¹.

De acordo com a equação de regressão apresentada na tabela 15, houve uma diminuição de massa de carbono com a redução da lâmina de irrigação, significando efeito positivo da irrigação para obtenção de massa de carbono na moringa oleífera, e que a partir da lâmina L2 (66% da ETc) proporcionou aumento significativo na produção de carbono, quando comparado com o cultivo da moringa sem irrigação. Segundo Neta, Marengo e Jesus (2016), a densidade estomática é fundamental para a eficiência da fotossíntese, variando conforme intensidade luminosa diária, temperatura, espécie e condições hídricas.

A proposta para a utilização deste carbono envolve tanto a produção de biochar quanto a geração de energia. O biochar, ao ser incorporado ao solo, visa melhorar sua estrutura, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, além de promover um ambiente mais saudável para o crescimento das plantas (Ferreira, 2023). Paralelamente, a queima de biomassa para a produção de carvão contribui para a geração de energia sustentável (Pedroso et al., 2018). Esse processo cria um ciclo de carbono, no qual o carbono sequestrado pela biomassa é retornado ao solo, potencializando a fertilidade e a sustentabilidade agrícola. Além disso, o biochar atua como um sumidouro de carbono a longo prazo, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas ao reduzir a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera (Embrapa Meio Ambiente).

4.4 Óleo

4.4.1 Produção de semente e rendimentos do óleo da moringa

Tabela 16. Resumo da análise de variância considerando a média do teor do óleo (%), rendimento de Fruto, semente e do óleo (kg/ha) pela significância pelo teste de Dunnett e tukey.

FV	GL	Teor óleo	Rendimento Fruto	Rendimento semente	Rendimento óleo
		%	---(kg/ha)---		
Significância do teste F					
Fat x T0	1	0,392	0,001	0,001	0,002
Sal	2	0,040	0,058	0,005	0,047
Lam	2	0,661	0,001	0,02	0,03
S x L	4	0,569	0,509	0,551	0,497
dms(S ou L)		3,4	376,5	131,6	38,8
dms(Dunnett) T0 vs. S ou L		4,6	500,9	175,1	51,6
dms (Dunnett) T0 vs. Trat		6,89	746,2	260,78	76,83
Médias					
T0		34,4	711,5	253,6	78,9
S1		31,6 b	1463,3 a*	537,6 a*	158,9 a*
S2		35,1 a*	1235,9 b*	391,4 b*	126,3 b*
S3		31,8 b	1615,5 a*	570,5 a*	164,1 a*
L1		33,1 B	1118,3 B	407,9 B	124,3 B
L2		32,1 B	1434,4 A*	550,9 A	161,1 A
L3		33,3 B	1762 A*	540,6 A*	163,9 A*
Eq. Regr. Sigín.		Y=9,6076L+800,93 (R²=1)			
CV(%)		10,4	27,2	27,3	26,8
MEDIA		33,0	1365,6	475,2	142,7

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintetica; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

A tabela 16 demonstra o resultado da análise estatística do efeito dos tratamentos com o teor do óleo extraído e rendimentos de fruto, semente e óleo. Para o percentual do teor de óleo extraído, apenas o efeito salinidade apresentou diferença significativa, onde os Tratamentos irrigados com água S2 apresentaram percentual de extração do óleo superior aos demais tratamentos, com média de 35,1% de óleo. Não houve efeito significativo para as interações de Salinidade e lâmina, entre as médias dos tratamentos em comparação ao T0, e nem para o fator isolado Lâmina de Irrigação.

Morais (2022), obteve como resultado o teor de óleo da moringa de 28,47%, sendo que ele não retirou o tegumento da semente para a extração. Oliveira et al (2022), em seu trabalho teve como percentual de teor do óleo da moringa de 40%.

Na mesma tabela, percebeu-se o rendimento de Fruto, semente e óleo, em kg/ha. Em todas as variáveis houve efeito significativo positivo na produtividade final entre as médias dos tratamentos irrigados e os sem irrigação (T0). Ademais, entre os tratamentos irrigados, as lâminas L2 e L3 apresentaram produtividade superior em relação a lâmina L1, fatores que evidenciam a importância da irrigação mínima para produtividade final das variáveis avaliadas.

Em relação ao parâmetro salinidade, houve efeito significativo nos rendimentos de semente e óleo, e um efeito marginalmente significativo no rendimento do fruto. Entretanto, a água produzida S2 apresentou menor produção que as demais, provavelmente por conta da desregulação osmótica dos vasos de transporte devido ao estresse salino provocado a nível razoável de salinidade ($2,5 \text{ dS.m}^{-1}$), pois seu mecanismo de defesa ainda não estava regular em relação ao estresse salino.

Ndubuaku et al. (2014), em seu estudo na Nigéria, obtiveram a capacidade anual de produção de frutos de 37,69 toneladas/ha/ano e capacidade de produção de sementes de 16,74 toneladas/ha/ano, valores bem superiores ao encontrado nesse trabalho, onde o rendimento de 4 a 24 toneladas de sementes/hectares, evidenciando esse intervalo por condições de climáticas, localização, idade da planta, tipo de solo ou vegetação.

Os rendimentos do fruto, da semente e do óleo em função da concentração de sais na AP sintética (dS m^{-1}), os quais não apresentaram diferença significativa entre os níveis salinos. Relaciona as mesmas variáveis apresentando uma forte correlação com as lâminas de irrigação em comparação com a concentração de sais. O alto valor de R^2 (1,0) demonstrou uma correlação mais forte entre a produção de frutos em relação as lâminas de irrigação. As lâminas de irrigação têm um impacto significativo no rendimento dos frutos, portanto os resultados avaliaram demonstram que a irrigação, independente da qualidade da água, influenciou positivamente na produção de fruto.

Esses resultados sugerem que a gestão da irrigação é fundamental para aumentar os rendimentos dos frutos, da semente e do óleo, enquanto a concentração de sais na AP

sintética apresenta influência ínfima principalmente em relação as variáveis sementes e do óleo.

Leone et al. (2016) afirmam que o óleo é principal componente da semente e representa 36,7% do peso da semente, dados similares ao encontrado nesta experimentação, evidenciando a influência do manejo de irrigação e cultivo da oleaginosa na produção de suas sementes e percentual final de óleo vegetal para diversas finalidades.

4.4.2 Análises do óleo da moringa

Tabela 17. Resumo da análise de variância considerando a média das análises realizada no óleo bruto da moringa turbidez, índice de acidez, viscosidade cinemática e densidade pela significância pelo teste de Dunnet e tukey.

FV	GL	Turbidez	Índice de	Viscosidade	Densidade
		(NTU)	Acidez	cinemática	
			(mgKOH/g)	(mm ² /s)	(g/cm ³)
Significância do teste F					
Fat x T0	1	0,550	0,367	0,081	0,039
Sal	2	0,921	0,078	0,427	0,592
Lam	2	0,307	0,186	0,636	0,422
S x L	4	0,167	0,261	0,668	0,609
dms(S ou L)		12,37	5,38	2,97	0,002
dsm(Dunnett) T0 vs. S ou L		16,46	7,15	3,95	0,003
dms (Dunnett) T0 vs. Trat		24,52	10,65	5,88	0,005
Médias					
T0		1,53	8,41	38,8	0,894
S1		4,42	6,04	37,7	0,896
S2		5,41	8,31	41,2	0,896
S3		6,44	3,20	42,5	0,897
L1		7,09	4,90	38,2	0,896
L2		0,95	4,44	42,2	0,897
L3		8,23	8,20	41,0	0,896
CV(%)		242,6	86,9	17,1	15,8
Média		5,0	6,1	41,3	0,896

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintética; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

A tabela 17 verificou análise de variância da turbidez (NTU), índice de acidez (IA), viscosidade cinemática (VC) e densidade (D), não apresentou efeito significativo para nenhum dos fatores, o que evidencia que a qualidade final do óleo extraído não é influenciada pela qualidade ou quantidade da água irrigada.

A turbidez (NTU) a turbidez é um parâmetro que serve para avaliar a modificação na aparência do óleo de moringa bruto. Dentre tratamentos, não houve significância para nenhum dos fatores e interações, mas tem um CV extremamente alto (242,6%), CV elevado indica maior variabilidade relativa em relação à média, ou seja, grande variabilidade nos dados. Em estudo Brito Neto et al. (2016) teve como o resultado a turbidez do óleo da semente da moringa extraído por solvente de 12,6 NTU a 20°C, valor superior a todos os determinados para os tratamentos deste estudo.

Este estudo teve como resultado médio para o índice de acidez de 6,1 mgKOH/g. Nesse viés, SERRA et al. (2007) determinou o teor de acidez de 7,95mgKOH/g, sendo 78% de ácido oleico. Segundo ANP (2008), esse alto teor de ácido oléico indica boa estabilidade oxidativa devido ao seu baixo teor de instauração, o que torna o óleo de moringa adequado para obtenção de biodiesel, seu transporte e armazenamento.

Chaves et al. (2023) relata que o índice de acidez é diretamente proporcional ao rendimento do biodiesel, o qual é substancialmente reduzido quando o índice de acidez ultrapassa 1 mg KOH g⁻¹. O mesmo autor ainda acrescenta em seu trabalho que o óleo da semente coletado no RN apresentou maior índice de acidez em comparação ao óleo da semente da moringa da Paraíba, além de apresentarem maiores teores de sais minerais, óleo e ácidos graxos monoinsaturado, não se adequando aos parâmetros de densidade e índice de acidez da legislação vigente.

O MAPA (2006) determina como óleo refinado em níveis adequados aquele que possui índice de acidez de 0,20-0,60 mg KOH/g, e densidade de 0,918-0,926, ou seja, uma alternativa é realizar um tratamento (refino) para diminuir significativamente o índice de acidez, como ROSSI et al. (2018), realizou em seu estudo um tratamento via esterificação do óleo residual da soja, no qual sem tratamento o índice de acidez era de 6,406 mgKOH/g/amostra, e após o refinamento o índice de acidez diminuiu para 0,632 mgKOH/g/amostra, assim obtendo parâmetro aceitável.

Carvalho et al. (2017) a densidade do óleo de moringa de 0,9194 g/cm³. Portanto, a densidade do óleo de moringa avaliado neste trabalho apresentou-se abaixo dos parâmetros da densidade dos óleos vegetais como matéria prima para o biodiesel deve ser de 0,90 – 0,92 kg/l a 20°C (SCHRIMPF, 2011).

Pereira et al. (2016) concluíram no seu estudo que a viscosidade cinemática do óleo bruto obtido por solvente é de 37,87 mm² s⁻¹, sendo a viscosidade o padrão brasileiro

para a produção de biodiesel de 32,6 mm²s⁻¹. Calvalcante (2017), obteve como resultado a viscosidade do óleo da Moringa com a temperatura de 40°C de 40,60 mPa.s.

4.4.3 Íons minerais do óleo da moringa

Tabela 18. Resumo da análise de variância considerando a média dos sais analisados no óleo bruto sendo o sódio, potássio e fosforo pela significância pelo teste de Dunnett e tukey.

FV	GL	Na	K	P
		(mg/kg)		
Significância do teste F				
Fat x T0	1	0,833	0,293	0,845
Sal	2	0,046	0,084	0,512
Lam	2	0,455	0,425	0,338
S x L	4	0,417	0,097	0,474
dms(S ou L)		58,9	41,9	114,2
dms(Dunnett) T0 vs. S ou L		78,4	55,7	152
dms (Dunnett) T0 vs. Trat		116,72	82,97	226,38
Médias				
T0		322	150,1	252,8
T1 (S1L1)		379,9	96,5	183,7
T2 (S1L2)		303,6	152,4	195,4
T3 (S1L3)		307,2	86,4	354,3
T4 (S2L1)		378,7	123,3	266,4
T5 (S2L2)		348,8	164,7	259,3
T6 (S2L3)		349,1	159,1	273
T7 (S3L1)		278,9	125,5	226,4
T8 (S3L2)		301,1	95,3	196,5
T9 (S3L3)		309,7	137,8	214,9
CV(%)		17,7	32,0	46,5
Médias		327,9	129,1	242,3

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintetica; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

De acordo com a tabela 18, não houve efeito significativo para os fatores variáveis nas análises realizadas no óleo bruto de moringa. Ou seja, medias de tratamentos em comparação ao T0, Salinidade, Lâmina, e a interação (S x L) nas concentrações de sódio (Na), potássio (K) e fósforo (P) no óleo bruto de moringa.

4.5 Farelo da semente da moringa

De acordo com os resultados da ANOVA e as diferenças mínimas significativas (DMS), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Sódio (Na) no farelo da semente da moringa não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Apenas o Cloro (Cl) apresentou um efeito significativo no tratamento lâmina ($p < 0,05$). Dessa forma,

pode-se concluir que não houve interação significativa ($p < 0,05$) para os sais, exceto para cloro no tratamento lâmina, entre os óleos brutos extraídos nesta experimentação

Tabela 19. Resumo da análise de variância considerando a média dos sais analisados no farelo da semente da moringa sendo o Nitrogênio, fosforo, potássio, sódio e cloreto pela significância pelo teste de Dunnett e tukey.

FV	G	N	P	K	Na	Cl
	L	(g/kg)			(mg/kg)	(g/kg)
Significância do teste F						
Fat x T0	1	0,255	0,776	0,305	0,403	0,097
Sal	2	0,439	0,791	0,344	0,296	0,081
Lam	2	0,375	0,190	0,027	0,683	0,014
S x L	4	0,083	0,211	0,154	0,234	0,264
dms(S ou L)		6,51	0,75	1,15	35,95	1,22
dms(dentro)		11,27	1,31	1,99	62,27	2,12
dms(Dunnett) T0 vs. S ou L		8,66	1,00	1,53	47,83	1,63
dms (Dunnett) T0 vs. Trat		12,89	1,50	2,27	71,25	2,43
Médias						
T0		100,10	3,15	11,15	395,99	2,79
S1		96,76	3,35	11,90	425,21	3,41
S2		94,24	3,30	12,03	405,43	3,72
S3		97,49	3,15	11,38	404,98	4,53
L1		97,01	2,99	11,04	404,53	2,99
L2		97,46	3,56	11,94	415,77	4,41
L3		94,02	3,24	12,34	415,32	4,26
Eq. Regr. Sign		Y=0,6474X+10,478 (R²= 0,9509)			Y=0,56x+2,765 (R²= 0,9354)	
CV(%)		6,6	22,9	9,7	8,6	32,0
MEDIA		96.6	3.3	11.7	410.3	3.8

Fonte: Autoria própria

S= Salinidade da AP sintetica; L= Lâmina de irrigação; T0 = tratamento sem irrigação

* Diferença significativa em relação ao tratamento T0 pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Letras minúsculas compara os níveis de salinidade, e maiúsculas, compara os níveis de lâminas.

A relação entre o aumento da condutividade elétrica da água produzida sintética e o aumento dos níveis de cloreto no farelo da semente da moringa. Isso sugere que, à medida que a salinidade da água de irrigação aumenta, há uma maior absorção de cloreto pela planta, resultando em concentrações mais altas de cloreto nas sementes. Em relação entre o aumento das lâminas de irrigação e os níveis de cloreto. O cloreto presente na água produzida sintética está sendo absorvido pelas plantas de moringa e acumulando-se nos frutos.

5. CONCLUSÃO

O período chuvoso anual da região foi suficiente para distribuir os sais no solo e mitigar os efeitos de salinização do solo com o cultivo de moringa irrigado com água produzida sintética. O manejo de irrigação atuou positivamente no crescimento vegetativo, na produção de biomassa, de frutos e sementes e no rendimento do óleo, evidenciando maior produtividade em consonância com o aumento da lâmina de irrigação.

A água produzida sintética utilizada na irrigação com nível de salinidade até 4,5 dS.m⁻¹ minimizou os efeitos da salinidade no crescimento e na produtividade das plantas experimentais, evidenciando tolerância da moringa a irrigação até este nível de salinidade, pois demonstrou que a planta ativou seu mecanismo de defesa para o estresse salino favorável.

As variáveis de qualidade do óleo análise de variância da turbidez (NTU), índice de acidez (IA), viscosidade cinemática (VC) e densidade (D) não apresentaram diferença significativa entre as diferentes lâminas de irrigação e os diferentes níveis de salinidade submetidos, o que evidencia que a qualidade final do óleo não é influenciada pela qualidade ou quantidade da água irrigada.

O óleo de moringa apresentou-se necessário avaliar uma forma de refinamento e diminuir a viscosidade e índice de acidez assim atender o parâmetro de normatização vigente no país para a produção de biodiesel.

Referências

ALMEIDA, Fernanda Naiara Campos. **Estudo do processo de extração do óleo da semente de Moringa oleifera Lam. visando a produção de biodiesel**. 2015. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2015.

ALMEIDA, Fernanda Naiara Campos; BERNI, Jéssica Violin; OLIVEIRA, Matheus Pereira; PASA, Thiago Luiz Belo; PEREIRA, Nehemias Curvelo. Extração do óleo de moringa por diferentes métodos, visando a produção de biodiesel. In: **I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anais. Campina Grande, PB: CONEPETRO**. 2015.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. RESOLUÇÃO Nº 749, DE 21 DE SETEMBRO DE 2018. 2018. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-749-2018-regulamenta-o-procedimento-para-concessao-da-reducao-de-royalties-como-incentivo-a-producao-incremental-em-campos-maduros>.

ANP. Resolução nº 07 de 19/08/2008. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>. Acesso em: 09 de julho de 2024.

ARAÚJO, Manoel de Souza. Manejo de Espécies Florestais para Produção de Madeira, Forragem e Restauração de Áreas Degradadas. Caicó: EMPARN, 2010.

AREVALO, Luis Alberto; ALEGRE, Julio Cesar; VILCAHUAMAN, Luciano Javier Montoya. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. 2002.

AVILA, Ana Maria Heuminski de. Uma Síntese do Quarto Relatório do IPCC. Multiciência, Campinas, n. 8, p.163-168, maio 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: DEAg, CCT, UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO irrigação e drenagem, 29).

AZAD, A. K.; RASUL, M. G.; KHAN, M. M. K.; SHARMA, S. C.; ISLAM, R. (2015). Prospect of Moringa seed oil as a sustainable biodiesel fuel in Australia: A review. *Procedia Engineering*, v.105, p.601-606

AZEEM, Muhammad; PIRJAN, Kulsoom; QASIM, Muhammad; MAHMOOD, Athar; JAVED, Talha; MUHAMMAD, Haji; YANG, Shoujun; DONG, Renjie; ALI, Baber; RAHIMI, Mehdi. Salinity stress improves antioxidant potential by modulating physio-biochemical responses in Moringa oleifera Lam. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1-17, 18 fev. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-29954-6>

BARBOSA, Camilla Alves. Variação temporal de aspectos morfofisiológicos da *Moringa oleifera* Lam. cultivada em área degradada. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2017.

BARBOSA, L. R. A. Estimativa de sequestro de carbono de uma árvore nativa com uma exótica no semiárido. 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2017

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro; QUEIROZ, Jorge Leandro Aquino de; COUTINHO, Demétrios Araújo Magalhães. O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 299–315, 2018. DOI: 10.34024/revbea.2018.v13.2502.

CÂMARA, Gabriel Barbosa; LEITE, Daniela Dantas de Farias. **Moringa oleifera: potencial econômico**. Anais III CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/43234>>. CÂMERA TÉCNICA DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) . **ELPN/IBAMA N° 001**: Informação técnica ELPN/IBAMA N° 001/2006. Rio de Janeiro: Conama, 2006. 7 p.

CAMPOS, Wendell Klismann Santana; MACÊDO JÚNIOR, Roberto Oliveira; BUARQUE, Filipe Smith; SILVA, Daniel Pereira; RUZENE, Denise Santos. Estudo sobre as principais tecnologias para tratamento da água produzida. **Cadernos de Graduação: Ciências exatas e tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n. 1, p. 141-152, out. 2012.

CARRÃO-PANIZZI, Mercedes Concórdia; PIRES, João Leonardo Fernandes; STRIEDER, Mércio Luiz; LEITE, Rodrigo Santos; OLIVEIRA, Maria Cristina Neves; CORASSA, Geomar Mateus. Teores de óleo e proteína em genótipos de soja em diferentes situações de manejo. Passo Fundo, 2021.

CARVALHO, Daniel Fonseca; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho. Capítulo 4- O MANEJO DA IRRIGAÇÃO E O FUTURO DA AGRICULTURA IRRIGADA. In: Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia [recurso eletrônico] / organização de Alysson Paolinelli, Durval Dourado Neto e Everardo Chartuni Mantovani. - Piracicaba: ESALQ; Viçosa : ABID, p. 61-732022, 2022.

CARVALHO, G. C.; MOURA, M. F. V.; ROCHA, Z. M. S.; BARROS, T. M.; GOMES, J. L. G.; CAVALCANTE, L. S. S. R. Caracterização físico-química e análise térmica do óleo da semente de *Moringa oleifera*. In: Congresso Brasileiro de Química, 57., 2022, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABQ, 2022.

CASTRO, Rafael Peron. **Desenvolvimento de bioprodutos inovadores derivados da moringa (*Moringa oleifera* Lamarck)m**. 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso

de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia- Ec&T, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CAVALCANTE, Lilianne Shirley Santos Rangel. Caracterização físico-química e análise térmica do óleo da semente de Moringa oleífera. 2017. 57 f. Monografia (Graduação em Química Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Instituto de Química, Natal, 2017.

CHAVES, Josyelem Tiburtino Leite. **Extração e análise do óleo de moringa oleífera lam. Proveniente de quatro estados do nordeste brasileiro.** 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia-Pb, 2017.

CHAVES, Josyelem Tiburtino Leite; SILVA, Toshik Iarley da; BICALHO, Elisa Monteze; PAULA, Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de; SOUTO, Patrícia Carneiro; SOUTO, Jacob Silva. Differential composition of reserves and oil of Moringa oleifera seeds cultivated in states of Northeast Brazil. *Agricultural Sciences*, v. 47, 2023. DOI: 10.1590/1413-7054202347007823.

CHAVES, Josyelem Tiburtino Leite; SILVA, Toshik Iarley da; BICALHO, Elisa Monteze; PAULA, Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de; SOUTO, Patrícia Carneiro; SOUTO, Jacob Silva. Differential composition of reserves and oil of Moringa oleifera seeds cultivated in states of Northeast Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 1-9, jul. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202347007823>.

COELHO, Rubens Duarte. Capítulo 1- A REVOLUÇÃO AZUL NO CONTEXTO DA AGRICULTURA IRRIGADA. In: **Agricultura irrigada no Brasil: ciencia e tecnologia**. Piracicaba: Esalq, 2022. p. 1.

COSTA, Rebeca Rivas. Tolerância ao déficit hídrico após ciclos recorrentes de seca em Moringa oleífera. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

COSTA, D. O. Utilização de Água Produzida do Petróleo na Produção e Capacidade de Fitoextração de Cactácea no Semiárido Brasileiro. 2019. 135 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água). Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

CRISOSTOMO, Lindbergue Araújo; WEBER, Olmar Baller; MIRANDA, Fábio Rodrigues de; SOUSA, Adervan Fernandes; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de. **Risco de Contaminação do Solo e das Plantas com Metais Pesados devido à Irrigação com Água Produzida na Extração de Petróleo**: boletim de pesquisa e desenvolvimento 183. Fortaleza/Ce: Embrapa, 2018.

CYSNE, Júnior Régis Batista. **Propagação in vitro de Moringa oleifera L.** 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/Ce, 2006.

DA SILVA, Elaine Cristina Alves. Mecanismos bioquímicos em *Moringa oleifera* Lam. para tolerância à salinidade. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 54-71, 2017.

DABA, Mekonnen. Miracle Tree: a review on multi-purposes of *moringa oleifera* and its implication for climate change mitigation. **Journal Of Earth Science & Climatic Change**, [S.L.], v. 7, n. 8, p. 1-5, jul. 2016. OMICS Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000366>.

DUARTE, Sergio Nascimento; SILVA, Ênio Farias de França e; MIRANDA, Jarbas Honorio de; MEDEIROS, José Francismar de; COSTA, Raimundo Nonato Távora; GHEYI, Hans Raj. Controle e Manejo da Salinidade. In: DUARTE, Sergio Nascimento; SILVA, Ênio Farias de França e; MIRANDA, Jarbas Honorio de; MEDEIROS, José Francismar de; COSTA, Raimundo Nonato Távora; GHEYI, Hans Raj. **Fundamentos de Drenagem Agrícola**. Fortaleza/Ce: Byte Systems -Soluções Digitais, 2015. Cap. 4. p. 113-144.

DUARTE, Sergio Nascimento; SILVA, Ênio Farias de França; MIRANDA, Jarbas Honorio; MEDEIROS, José Francismar; COSTA, Raimundo Nonato Távora; GHEYI, Hans Raj . Controle e manejo da salinidade. In: DUARTE, Sergio Nascimento et al. **Fundamentos de Drenagem Agrícola**. Fortaleza: Byte Systems - Soluções Digitais, 2015. Cap. 4, p. 113-144.

EMBRAPA, Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. – 2. ed.rev.ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

EMBRAPA, Meio Ambiente. **Biocarvão, energia limpa, promove o crescimento das plantas e reduz a severidade da murcha por Fusarium no tomateiro**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78810257/biocarvao-energia-limpa-promove-o-crescimento-das-plantas-e-reduz-a-severidade-da-murcha-por-fusarium-no-tomateiro>. Acesso em: 03 mar. 2023.

FAHEY, James. Microbiological Monitoring of Laboratory Mice. **Genetically Engineered Mice Handbook**, [S.L.], p. 157-164, 2 nov. 2005. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420039078.ch12>.

FERNANDES, Raimunda Thyciana Vasconcelos; MARINHO, Jéssica Berly Moreira; ARRUDA, Alex Martins Varela de; MELO, Aurora da Silva; SOUZA, Rosângela Fernandes de; SANTOS, Luiz Odonil Gomes dos; FIGUEIRÊDO, Lívio Carvalho de; FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos; MESQUITA, Ana Cecília Nunes de. Uso da moringa na alimentação animal e humana: revisão. **Pubvet**, [S.L.], v. 10, n. 08, p. 619-627, 31 jul. 2016. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v10n8.619-627>.

Ferreira, Maria Laura Harada. Biochar : estado da arte do uso agrícola no cenário brasileiro / Maria Laura Harada Ferreira. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -

Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientador: Gerson Araújo de Medeiros. Sorocaba, 2023 33 p.

FIGUEREDO, Kytéria Sabina Lopes. HIDROQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ÁGUA PRODUZIDA EM UM CAMPO MA-DURO DE PETRÓLEO DA BACIA POTIGUAR PARA FINS DE IRRIGAÇÃO. **Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**, v. 12, n. 01, p. 1-15, 2014.

FREITAS, Jackeline Carminda Cabral de; SIQUEIRA FILHO, Valdemar. Semiárido nordestino: os impactos da extração de petróleo no município de Mossoró (RN). **Revista Direito GV**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 1019-1043, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6172201838>

GALLÃO, Maria Izabel; DAMASCENO, Leandro Fernandes; BRITO, Edy Sousa de. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 106-109, 2006.

GEDEFW, Mohammed. Environmental and medicinal value analysis of Moringa (Moringa oleifera) tree species in Sanja, North Gondar, Ethiopia. **American International Journal of Contemporary Scientific Research**, v. 2, n. 9, p. 20-36, 2015.

GEDEFW, Mohammed. Environmental and medicinal value analysis of Moringa (Moringa oleifera) tree species in Sanja, North Gondar, Ethiopia. **American International Journal of Contemporary Scientific Research**, v. 2, n. 9, p. 20-36, 2015.

GOMES, Damião Junior; OLIVEIRA, Pamela Ramalho de; CAETANO, Bruno Rolim Félix; SILVA, Francisco Ronner Andrade da; PEDROZA, Ariadne Pereira; CARVALHO, Enyedja Kerlly Martins de Araújo. Possibilidades de uso da Moringa oleifera numa perspectiva farmacológica, cosmética e alimentícia. **Revista de Agroecologia no Semiárido (Ras)**, Sousa/Pb, v. 3, n. 2, p. 27-35, 2019.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José; ÁVILA, Márcio Turra de. Avaliação da relação entre soja e produção de biodiesel. Embrapa Soja, Londrina, 2010.

MEDEIROS, José Francismar de; TERCEIRO NETO, Cícero Pereira Cordão; DIAS, Nildo da Silva; GHEYI, Hans Raj; SILVA, Max Vinícius Teixeira da; LOIOLA, Aline Torquato. SALINIDADE E pH DE UM ARGISSOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 1407-1419, 14 jun. 2017. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v11n300560>.

Josyelem Tiburtino Leite Chaves^{1*}, Toshik Iarley da Silva², Elisa Monteze Bicalho¹, Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula³, Patrícia Carneiro Souto⁴, Jacob Silva Souto⁴. Differential composition of reserves and oil of Moringa oleifera seeds cultivated in states of Northeast Brazil. **Agricultural Sciences • Ciênc. agrotec.** 47 • 2023 <https://doi.org/10.1590/1413-7054202347007823>

KALAVATHY, M. Helen; MIRANDA, Lima Rose. Moringa oleifera—A solid phase extractant for the removal of copper, nickel and zinc from aqueous solutions, Chemical

Engineering Journal, Volume 158, Issue 2, 2010, Pages 188-199, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.12.039>.

LAMAS, Fernando Mendes. **Artigo - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: tecnologias disponíveis**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55203563/artigo---agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono-tecnologias-disponiveis>. Acesso em: 21 ago. 2020.

Leite, David Menezes. Estudo do balanço quantitativo da água produzida em campos terrestres de petróleo no Brasil. 2020. 102 f. Dissertação (Direito) - UNIFACS, Salvador, 2020.

LEONE, Alessandro; SPADA, Alberto; BATTEZZATI, Alberto; SCHIRALDI, Alberto; JUNIOR, Aristil; BERTOLI, Simona. Sementes e óleo de Moringa oleifera: características e usos para a saúde humana. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 17, n. 12, p. 2141, 2016.

LILLIEHOOK, Henrik. Use of Sand Filtration of River Water Flocculated with Moringa oleifera. 27f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Sanitária, University of Technology, Lulea. 2005.

LIMA, Vinícius Arthur Bandeira. **Tratamento de água produzida visando a irrigação de plantas oleaginosas para uso na produção de biodiesel**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2017

LIN, Mengfei; ZHANG, Junjie; CHEN, Xiaoyang. Bioactive flavonoids in Moringa oleifera and their health-promoting properties. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 47, p. 469-479, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.011>.

LUCENA, Rebecca Luna; FARIA, Raila Mariz; LIMA, Renata Kelly de Azevedo; APRÍGIO, Tuana Raquel de Medeiros; SILVA, Alíbia Deysi Guedes da; SOUZA, Sara Fernandes Flor de. Temperatura e sensação térmica na depressão sertaneja: análise da região do seridó no semiárido brasileiro. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 12, n. 11, p. 85-97, 18 dez. 2021. Companhia Brasileira de Producao Cientifica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.011.0009>.

MAGALHÃES, Emilianny Rafaely Batista. **Avaliação de floculante natural à base de Moringa oleifera no tratamento de água produzida na indústria do petróleo: aplicação da técnica combinada floculação/flotação**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MATIAS, Francisco Douglas Oliveira; SOUSA, Maria Vitória Pereira de; SOUZA, Kaique Aguiar; MENDES, Ana Gabrielle da Silva; NASCIMENTO, Hélio Mateus Silva; ALVES, Even Herlany Pereira. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DO EXTRATO DA PLANTA MORINGA OLEIFERA: uma revisão da literatura. **Anais do IV Congresso Nacional de Inovações em Saúde**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 254-257, 20 set. 2023. Revista Multidisciplinar em Saúde. <http://dx.doi.org/10.51161/conais2023/22769>.

Max Venicius Teixeira da Silva¹ Rozana Maria de Sousa Lima² Fabiano Luiz de Oliveira³ Sérgio Weine Paulino Chaves⁴ Jose Francismar de Medeiros⁵. CE e RAS do extrato de saturação do solo sob diferentes níveis de salinidade e doses de nitrogênio no cultivo da abobora. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Artigo Científico <http://revista.gvaa.com.br> ISSN 1981-8203. Revista Verde (Pombal – PB - Brasil), v 9. , n. 2 , p. 277 - 284, abr-jun, 2014.

MEDEIROS, José Francismar de; NETO, Cícero Pereira Cordão Terceiro; DIAS, Nildo da Silva; GHEYI, Hans Raj; SILVA, Max Vinícius Teixeira da; LOIOLA, Aline Torquato. Salinidade e pH de um Argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 3, p. 1407-1419, 2017. ISSN 1982-7679 (On-line). Fortaleza, CE: INOVAGRI. DOI: 10.7127/rbai.v11n300560.

MEDEIROS, José Francismar de; TERCEIRO NETO, Cícero Pereira Cordão; DIAS, Nildo da Silva; GHEYI, Hans Raj; SILVA, Max Vinícius Teixeira da; LOIOLA, Aline Torquato. SALINIDADE E pH DE UM ARGISSOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 1407-1419, 14 jun. 2017. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v11n300560>.

MENDONÇA, José Carlos Matias; COSTA, Ana Luísa de Medeiros; NEVES, José Edilson. ANÁLISE DA ECONOMICIDADE DE CENÁRIO PARA REATIVAÇÃO DE CAMPO MADURO DE PETRÓLEO: um estudo de caso real. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 0153-0157, 26 abr. 2019. Universidade Federal de Vicosa. <http://dx.doi.org/10.18540/jcecvl5iss2pp0153-0157>.

MENEZES, R.S.C., SALES, A.T., PRIMO, D.C., DE ALBUQUERQUE, E.R.G.M., DE JESUS, K.N., PAREYN, F.G.C., DA SILVA SANTANA, M., DOS SANTOS, U.J., MARTINS, J.C.R., ALTHOFF, T.D. AND DO NASCIMENTO, D.M. Soil and vegetation carbon stocks after land-use changes in a seasonally dry tropical forest. *Geoderma*, 390, p.114943, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114943>

Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel**. Brasília: MAPA, 2013.

MIRANDA, Fábio Rodrigues de; CRISOSTOMO, Lindbergue Araujo; WEBER, Olmar Baller; SILVA, Francisco Leandro Barbosa da; ARAGÃO, Fernando Antônio Souza de; BARROS, Maria Elisabeth Silveira. **Irrigação com Água Produzida na Extração de Petróleo::** efeitos sobre a salinidade do solo e a produtividade da mamoneira. Fortaleza/Ce: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016.

MORAIS, Francimar Maik da Silva. Uso de água produzida do petróleo sintética na irrigação da Moringa oleifera Lam: impactos no solo e na planta. 2022. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2022.

MOURA, Magna Soelma Beserra; ESPÍNOLA SOBRINHO, José; SILVA, Thieres George Freire da; SOUZA, Werônica Meira de. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. In: XIMENES, Luciano Feijão; SILVA, Maria Sonia Lopes da; BRITO, Luiza Teixeira de Lima. **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro**. Fortaleza/Ce: Embrapa Solos, 2019. Cap. 2. p. 85-104.

NDUBUAKU, U. M.; NDUBUAKU, T. C. N.; NDUBUAKU, N. E. Características de rendimento de Moringa oleifera em diferentes ecologias na Nigéria como um índice de sua adaptação às mudanças climáticas. *Sustainable Agriculture Research*, v. 3, p. 95, 2014.

NETA, M. A. F.; MARENCO, R.; JESUS, S. V. Caracterização estomática em cinco espécies florestais da Amazônia. Disponível em: <http://www.dominio.com>. Acesso em: 10 de junho de 2024.

NEVES, Thais Juliane; HARDER, Marcia Nalesso Costa. Diesel verde: a nova era dos biocombustíveis em uma revisão. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 91-112, dez. 2021.

OLIVEIRA, Daniele Silva; XAVIER, Daniel Segundo Fonseca; FARIAS, Patrick Nunes; BEZERRA, Vanessa Silva; PINTO, Carlos Henrique Catunda; SOUZA, Luiz Di; SANTOS, Anne Gabriella Dias; MATIAS, Luiz Gonzaga de Oliveira. Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de Moringa oleifera Lam. *Holos*, v. 1, p. 49-61, 2012.

OLIVEIRA, Thiago; GOUVÊA, Eduardo Penna; ODAGIMA, Andréa Mayumi; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; SHITSUKA, Ricardo. UM ESTUDO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DE BIODIESEL. **Revista Educação, Gestão e Sociedade**, Jandira, v. 7, n. 27, p. 1-30, ago. 2017.

PASSOS, R. M.; SANTOS, D. M. C.; SANTOS, B. S.; SOUZA, D. C. L.; SANTOS, J. A. B.; SILVA, G. F.. QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA MORINGA (MORINGA OLEIFERA LAM) UTILIZADA NA FORMA IN NATURA E SECA. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 113-120, 15 mar. 2013. Centivens Institute of Innovative Research. <http://dx.doi.org/10.7198/s2237-0722201300010010>.

Pedroso, LL de A., Silva, FF da, Silva, FF da, Melo, Álvaro M., Erthal Junior, M., Shimoya, A., Matias, Ítalo de O., & Souza, CLM de. (2018). Demandas atuais e futuras de biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo / Demandas atuais e futuras por biomassa e energia renovável no Brasil e no mundo. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, 4 (5), 1980–1996. <https://doi.org/10.34117/bjdv4n5-231>

PEREIRA, Daiane Farias; ARAÚJO, Nicolis Amaral; SANTOS, Tayanara Menezes; SANTANA, Claudia Ramos; SILVA, Gabriel Francisco da. Aproveitamento da torta da Moringa oleifera Lam para tratamento de água produzida. **Exacta**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 323-332, 28 dez. 2011. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/exacta.v9i3.3065>.

PEREIRA, F. S.G.; BRITO NETO, E.X.; WEI, S.; GALVÃO, C. C.; LIMA, V.F.; SILVA, V.L.; LIMA FILHO, N.M.. Production of Methyl Biodiesel Using Purified Oil of Moringa oleifera Lamarck. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 873-888,

abr. 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160063>.

PEREIRA, Francisco Sávio G.; BRITO NETO, Eli X. de; WEI, Stiven; GALVÃO, Chesque C.; LIMA, Valmir F. de; SILVA, Valdinete L. da; LIMA FILHO, Nelson M. de. Production of Methyl Biodiesel Using Purified Oil of Moringa oleífera Lamarck. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 873-888, abr. 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160063>.

PEREIRA, Francisco Sávio Gomes. **Viabilidade sustentável de biomassas de Moringa oleífera para produção de biodiesel e briquetes**. 2015. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

Pinto, F. V. S., Andrade, J. P. S., Maia, D. F., & de Oliveira Guimarães, I. REUSO DE ÁGUA PRODUZIDA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO. 2016
RADOVICH, Ted. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa: Moringa oleífera). In: Elevitch, C.R. (ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR). Holualoa, Hawai'i. 2011. 11p <http://agroforestry.net/scps>

RAMOS, Luiz. P.;* KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA. M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; Krieger, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v.9, n. 1, 317-369, 2017.

RANGE, Maria Salete Alves. Moringa oleífera, um purificador natural de água e complemento alimentar para o Nordeste do Brasil. **REVISTA TEMPO VERDE**, v. 166, p. 4 – 5, 2008.

RANGE, Maria Salete Alves. **Moringa oleífera Uma Planta de Uso Múltiplo**. 9. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. 41 p.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luís Carlos. Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera. Série Sustentabilidade. Baueri-SP: Manoele, 2016.
RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

ROSSI, Gustavo Zanetti de; BORGES, Ivan Rocha; PEREGO, Thayane Ferreira; TOLEDO, Victor Dallacqua Madeira; FERREIRA, Luis Fernando Peffi. ANÁLISE TÉCNICA DA PRODUÇÃO DO BODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 0101-0108, 2 mar. 2018. Universidade Federal de Vicosa. <http://dx.doi.org/10.18540/jcecvl4iss1pp0101-0108>.

Salassier Bernardo, Elias Fernandes de Sousa e Everardo Chartuni Mantovani. 16 EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA IRRIGADA. Agricultura irrigada no Brasil: Ciência e Tecnologia. Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia [recurso eletrônico] / organização de Alysson Paolinelli, Durval Dourado Neto e Everardo Chartuni Mantovani. - - Piracicaba : ESALQ; Viçosa : ABID, 2022

397 p. : il. (Cátedra Luiz de Queiroz) ISBN: 978-65-87391-23-6 DOI: 10.11606/9786587391236

SALASSIER, Bernardo; SOUSA, Elias Fernandes de; MANTOVANI, Everardo Chartuni. Eficiência de uso da água na agricultura irrigada. In: PAOLINELLI, Alysson; DOURADO NETO, Durval; MANTOVANI, Everardo Chartuni (org.). Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia [recurso eletrônico]. Piracicaba: ESALQ; Viçosa: ABID, 2022. p. 397. il. (Cátedra Luiz de Queiroz). ISBN 978-65-87391-23-6. DOI: 10.11606/9786587391236.

SANT'ANNA, Mikele Cândida Sousa de; SILVA, Gabriel Francisco da; SANTANA, Maristela de Fátima Simplicio de; BERY, ; Carla Crislan de Souza; LOUZEIRO, Hilton Costa. BIODIESEL DE MORINGA. In: SILVA, Gabriel Francisco da; SANTANA, Maristela de Fátima Simplicio de; LIMA, Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira; BERGAMASCO, Rosângela; PAIVA, Patrícia Maria Guedes; SANT'ANNA, Mikele Cândida Sousa de; SERAFINI, Mairim Russo; BERY, Carla Crislan de Souza de. **Potencialidades da Moringa oleífera Lam.** 4. ed. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe: Ufs, 2018. Cap. 6. p. 145-161.

SANTANA, Claudia Ramos. **Tratamento de água produzida através do processo de flotação utilizando a Moringa Oleífera Lam como coagulante natural.** 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/Se, 2009

SANTANA, Tamires Silva; MACHADO, Letícia Carvalho. PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE FLUIDOS NA PRODUÇÃO DO PETRÓLEO. **Cadernos de graduação – Ciências exatas e tecnológicas.** Aracaju. V. 2. N.3. p. 11-20. 2015.

SANTOS, Allívia Rouse Ferreira dos. **DESENVOLVIMENTO INICIAL DE Moringa oleífera Lam. SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE.** 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/Se, 2010.

SANTOS, Célia S. dos; MONTENEGRO, Abelardo A. de A.; SANTOS, Márcio A. L. dos; PEDROSA, Elvira M. R.. Evapotranspiration and crop coefficients of Moringa oleífera under semi-arid conditions in Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 21, n. 12, p. 840-845, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p840-845>.

SANTOS, J. J. et al. Efeito de diferentes doses de matéria orgânica em rejeito de vermiculita na espécie Moringa oleífera. In: Anais...Encontro Nacional da Moringa, Campina Grande, 2012.

SANTOS, Célia S. dos; MONTENEGRO, Abelardo A. de A.; SANTOS, Márcio A. L. dos; PEDROSA, Elvira M. R.. Evapotranspiration and crop coefficients of Moringa oleífera under semi-arid conditions in Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 21, n. 12, p. 840-845, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p840-845>.

SANTOS, Mirian Lima dos; OLIVEIRA, Antonio Paulo da Silva; SANTOS, Brenda Nayranne Gomes dos; SILVA, Oskar Almeida; NUNES, Lívio Cesar Cunha. Moringa

oleífera, avaliação nutricional, fitoquímica e toxicológica do caule, talo e folha. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1-9, 25 abr. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i6.27682>.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. S.. Variability Climatic of Water Availability in the Semiarid of the State of Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 483-491, 4 dez. 2018. Instituto de Geociências - UFRJ. http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_483_491.

SCHRIMPF, Ernst. **Biodiesel ou Óleo Vegetal. A melhor estratégia de combustível**. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/estudos/biodiesel/biodiesel-oleo-vegetal#:~:text=Ao%20contr%C3%A1rio%20da%20gasolina%20e,numa%20propor%C3%A7%C3%A3o%20estimativa%20de%20C60H120O6..>

SERRA, T. M. et al. Obtenção do biodiesel metílico a partir de óleo de Moringa oleífera em presença de catalisador básico e ácido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30., 2007.

SILVA, André Luis Figueira; FILHO, Jose Erasmo de Souza; RAMALHO, João Batista Viane da Silva; MELO, Marcel de Vasconcelos; LEITE, Mauro de Moura; BRASIL, Nilo Índio; PEREIRA JUNIOR, Oswaldo de Aquino; OLIVEIRA, Roberto Carlos Gonçalves; ALVES, Robson Pereira; COSTA, Roni Fabio Dalla; KUNERT, Rosana; GOMES, Walmir. **PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO. Recursos Humanos Universidade Petrobras**. Rio de Janeiro. 2007.

SILVA, Elaine Cristina Alves. Mecanismos bioquímicos em Moringa oleífera Lam. para tolerância à salinidade. *Acta Iguazu*, v. 6, n. 4, p. 54-71, 2017.

SILVA, José Valdo da. **Controle de perda de circulação em perfuração de poços de petróleo utilizando material fibroso derivado da Moringa oleífera Lam**. 2018. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química,

SILVA, Max Venicius Teixeira da; LIMA, Rozana Maria de Sousa; OLIVEIRA, Fabiano Luiz de; CHAVES, Sérgio Weine Paulino; MEDEIROS, José Francimar de. CE e RAS do extrato de saturação do solo sob diferentes níveis de salinidade e doses de nitrogênio no cultivo da abóbora. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 2, p. 277-284, abr-jun, 2014. ISSN 1981-8203. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>.

SILVA, Tamires Cruz Santos; NUNES, Tatiana Pacheco; COSTA, Denise Gonçalves; LIMA, Lucas Almeida Leite Costa; SILVA, Gabriel Francisco da; OLIVEIRA JUNIOR, Antônio Martins de; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M.. UTILIZAÇÃO DE SEMENTES DE MORINGA OLEÍFERA LAM COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias**, [S.L.], v. 3,

n. 2, p. 012-025, 15 jun. 2013. Centivens Institute of Innovative Research.
<http://dx.doi.org/10.7198/s2237-0722201300020002>.

SILVA, Vitoria Renally de Andrade; PEREIRA, Pedro Lucas Marinho; GUIMARÃES, Iliana de Oliveira. **REÚSO DA ÁGUA PRODUZIDA NA IRRIGAÇÃO. CONAPESC Digital- VI Congresso Nacional em Pesquisa e Ensino em Ciência**. 2021.

SIMPLÍCIO, Cícero Ferreira. **Sistemas de tratamento e reuso da água produzida do petróleo: uma revisão integrativa da literatura**. 2019. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SOUTO, Patricia Carneiro; MAIOR JUNIOR, Sigismundo G. Souto. Origem, botânica e Morfologia da Moringa. In: SILVA, Gabriel Francisco da; SANTANA, Maristela de Fátima Simplicio de; LIMA, Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira; BERGAMASCO, Rosângela; PAIVA, Patrícia Maria Guedes; SANT'ANNA, Mikele Cândida Sousa de; SERAFINI, Mairim Russo; BERY, Carla Crislan de Souza de. **Potencialidades da Moringa oleifera Lam**. 4. ed. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe: Ufs, 2018. Cap. 1. p. 15-36.

SOUTO, Patricia Carneiro; MAIOR JUNIOR, Sigismundo G. Souto. Potencialidades da Moringa oleifera Lam / organizadores: Gabriel Francisco da Silva ... [et al.]. – São Cristóvão : Universidade Federal de Sergipe, 2018. v. 4. : il. ISBN 978-85-7822-608-4

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TILIO NETO, Petronio de. **Ecopolítica das Mudanças Climáticas: o IPCC e o Ecologismo dos Pobres**. 2008. 190 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Política, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/Se, 2018.

VIEIRA, Gleilson de França. **Determinação de macro e micronutrientes de frutos de Moringa oleifera Lamark (parede interna e externa da casca) e sementes**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

XAVIER, Yanko Marcus de Alencar; GUIMARÃES, Patrícia Borba Vilar; SILVA, Maria dos Remédios Fontes. **RECURSOS HÍDRICOS E ATIVIDADE ECONÔMICA NA PERSPECTIVA JURÍDICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. Fortaleza/Ce: Anja Czymmeck, 2010. 231 p.

ZHANG, Baiyu; LIU, Bo. Offshore produced water management: a review of current practice and challenges in harsh/arctic environments. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 104, n. 1-2, p. 7-19, mar. 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.004>.