



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO GÉFERSON DA SILVA LIMA

SISTEMA INTEGRADO DE AQUICULTURA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ
COM ÁGUAS DE DIFERENTES SALINIDADES

FORTALEZA

2025

FRANCISCO GÉFERSON DA SILVA LIMA

SISTEMA INTEGRADO DE AQUICULTURA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ
COM ÁGUAS DE DIFERENTES SALINIDADES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Rodrigues de Andrade.

FORTALEZA

2025

FRANCISCO GÉFERSON DA SILVA LIMA

SISTEMA INTEGRADO DE AQUICULTURA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ
COM ÁGUAS DE DIFERENTES SALINIDADES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovado em 27/10/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ricardo Rodrigues de Andrade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Luís Gustavo Chaves da Silva
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

A minha família, amigos e todos aqueles
que me ajudaram nesse processo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus e Nossa Senhora, por todo o auxílio e bênçãos durante essa jornada.

Meu agradecimento ao meu orientador, Professor Claudivan Lacerda, pela dedicação, paciência, apoio e todos os ensinamentos durante esse mestrado. Agradeço ao Professor Ricardo de Andrade, coorientador dessa pesquisa, e a todos os professores que me ensinaram, obrigado por todos os ensinamentos repassados.

Gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFC (PPGEA-UFC) e ao IFCE Campus Boa Viagem, bem como a todos que fazem essas instituições, por dar oportunidade de desenvolver pesquisas voltadas aos agricultores e agricultoras do Ceará e do Brasil.

Agradeço aos meus pais Geraldo e Fátima, que sempre me apoiaram e me ensinaram a continuar nessa jornada de aprendizagem. Meus irmãos, Gessica e Gelson, por sempre fazerem parte da minha jornada. Minha madrinha Valdilene, por todo o amor, dedicação e apoio que sempre teve por mim. Agradeço também a Arylenne, Webyston e Renato. E a todos da minha família por sempre estarmos juntos nas felicidades e dificuldades.

Agradeço ao Davi, meu namorado, que me apoiou e todo suporte emocional para dar conta de todo esse momento do meu mestrado, meu muito obrigado.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos e colegas, que conheci na vida e que encontrei durante esses dois anos. Coloco em especial meus amigos Franklin, Gabriela, João Pedro, Vitória, meu muito obrigado. Também agradeço a todos os bolsistas do IFCE, que auxiliaram durante essa pesquisa

Agradeço ao núcleo gestor e professor da EEEP Maria Môsa da Silva (Ocara-Ce), pelo auxílio e compreensão durante esse momento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) - (processo UNI-0210-00120.01.00/23) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical - INCTAgriS (CNPq/FUNCAP/CAPES), pelo auxílio financeiro do projeto.

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) e ao Instituto Pontes para o Crescimento pela doação de sementes e mudas.

“Além disso, não é da minha natureza cair sem lutar, mesmo quando as coisas parecem insuperáveis.” Katniss Everdeen - Jogos Vorazes

RESUMO

O semiárido brasileiro depara com diversos desafios para produção agropecuária. A qualidade da água pode ser um desses fatores limitantes. Uma possibilidade encontrada é o uso de sistemas integrados, que possam reaproveitar rejeitos animais para produção vegetal, contribuindo também para a sustentabilidade ambiental. Assim, objetivou-se investigar a viabilidade produtiva de sistemas integrados de produção de tilápias e de mudas de sabiá com emprego de águas com diferentes níveis de salinidade. Foi utilizado o delineamento em bloco ao acaso, em parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas compostas por três fontes hídricas com condutividade elétrica de 0,2, 1,6 e 3,0 dS m⁻¹, as subparcelas, com e sem cultivo de tilápia e as subsubparcelas com e sem adubação mineral, com 4 repetições e duas plantas por unidade experimental. As mudas de sabiá foram submetidas por 50 dias aos tratamentos experimentais. Foram avaliadas as variáveis de crescimento, produção de biomassa, respostas fisiológicas, teores de nutrientes minerais e qualidade de mudas. Houve interação entre a salinidade da água de irrigação e a utilização de rejeitos da aquicultura para as variáveis altura de plantas (AP), número de folhas (NF) e massa fresca total (MFT), observando efeito atenuante dos resíduos dos peixes nos efeitos deletérios da salinidade, principalmente no tratamento com 1,6 dS m⁻¹. Foi possível entender que a integração entre criação de peixes e produção de mudas florestais foi eficaz para o desenvolvimento das plantas, e amenização dos efeitos danosos da salinidade, porém essas respostas dependem do nível de salinidade da água. Os resultados mostram que a mistura de águas salobra e doces, integrada à aquicultura, pode ser uma alternativa para produção de mudas de espécies florestais da Caatinga, ampliando as possibilidades de renda no meio rural.

Palavras-chave: produção de mudas; *Mimosa caesalpiniaefolia*; agricultura bioassalina; aquicultura.

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region faces several challenges for agricultural production. Among which water quality is a limiting factor. One possible alternative is the use of integrated systems that recycle animal waste for plant production, thereby contributing to environmental sustainability. The objective of this study was to investigate the productive viability of integrated systems combining tilapia farming and the production of *sabiá* seedlings, using water with different salinity levels. A randomized block design was adopted in split-split plots, with plots consisting of three water sources with electrical conductivity of 0.2, 1.6, and 3.0 dS m⁻¹; subplots with and without tilapia farming; and sub-subplots with and without mineral fertilization. Each treatment had four replicates and two plants per experimental unit. The seedlings were subjected to the treatments for 50 days, and growth variables, biomass production, physiological responses, mineral nutrient contents, and seedling quality were evaluated. An interaction was observed between irrigation water salinity and aquaculture residues for plant height (AP), leaf number (NF), and total fresh mass (MFT), with fish residues attenuating the deleterious effects of salinity, especially at 1.6 dS m⁻¹. The integration of fish farming and forest seedling production proved effective for plant development and mitigation of salinity stress, although responses depended on water salinity levels. The results showed that the mixture of brackish and fresh water, integrated into aquaculture, can be an alternative for the production of seedlings of Caatinga forest species, expanding income possibilities in rural areas.

Keywords: seedling production; *Mimosa caesalpiniaefolia*; biosaline agriculture; aquaculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de sistema integrado aqua-vegecultura.	21
Figura 2 - Potencial das águas subterrâneas salobras do Estado do Ceará (Nordeste do Brasil) para associações de peixes (tilápia) mais glicófitas (A) e peixes (tilápia) mais halófitas (B), com base no limite condutividade elétrica da água de irrigação (EC) e taxa de descarga (Q).....	24
Figura 3 - Folhas de sabiá.....	26
Figura 4 - Frutos e semente do sabiá.....	28
Figura 5 - Mudas de sabiá com 4,5 meses.....	28
Figura 6 - Mapa de localização de Boa Viagem.	30
Figura 7 – Casa de vegetação construída no IFCE, Campus Boa Viagem, em Boa Viagem - CE.....	32
Figura 8 - Peixe da espécie Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).	32
Figura 9 - Tanque de criações de peixes na unidade experimental, Boa Viagem - CE..	32
Figura 10 – Avaliação da produção de peixes.....	34
Figura 11 - Mudas de sabiá em tubetes, cultivadas na UPMA, em Redenção -CE...	36
Figura 12 - Transplântio de mudas de sabiá..	36
Figura 13 - Experimento em funcionamento, ao fundo, reservatório com águas de diferentes salinidades, sem peixes.....	38
Figura 14 - Temporizador timer usado no experimento.....	39
Figura 15 - Avaliação das plantas cultivadas. Em sequência, da esquerda para direita: Régua para medição, paquímetro digital para medição, aparelho IRGAS para medição, aparelho SPAD para medição, Pesagem das folhas e pecíolos, pesagem dos caules, pesagem das raízes.	4
Figura 16 - Altura de planta (A) Diâmetro do Caule (B) e número de folhas (C) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.	47
Figura 17 - Massa fresca da raiz (A), Massa fresca total (B) e Massa seca da raiz (C) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.....	51

Figura 18 - Interação entre os fatores salinidade, criação de peixes e adubação mineral para Massa fresca da parte aérea (A) e Massa seca total (B) de mudas de sabiá.....	53
Figura 19 - Interação entre os fatores salinidade, criação de peixes e adubação mineral para Índice de qualidade de Dickson de mudas de sabiá... ..	55
Figura 20 - Teores de nitrogénio (N) em folhas de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica e adubação mineral.. ..	61
Figura 21 - Teores de fósforo (P) em folhas de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.....	62
Figura 22 – Teores de Zinco (A) e Manganês (B) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Peso médio (PM), comprimento padrão médio (COM) e comprimento total médio (CTM) de tilápias em função da salinidade da água e dos dias após o povoamento (DAP).	35
Tabela 2 - Caracterização física e química do substrato inicial utilizado no experimento.	37
Tabela 3 - Caracterização química das águas utilizadas no experimento, após a finalização do experimento.	38
Tabela 4 - Caracterização química do substrato utilizado, após a finalização do experimento.	40
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento de altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) na última medição (45 DAT) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral	45
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis de biomassa de Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca da raiz (MSR), Massa fresca total (MFT), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca total (MST) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.	49
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para a variável qualitativa Índice de qualidade de dickson (IDQ) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.	57
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas de taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A) e no índice relativo de clorofila (IRC) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral..	58
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, de mudas de sabiá em	

função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.....60

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis nutricionais (micronutrientes), Boro (B), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral	64
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	HIPÓTESE	16
3	OBJETIVO	17
3.1	Objetivo geral.....	17
3.2	Objetivos específicos.....	17
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
4.1	Produção de mudas de espécies arbóreas: realidades e perspectivas no semiárido brasileiro	18
4.2	Sistemas integrados de aquacultura e produção de mudas	19
4.3	Águas salobras no semiárido: problemática e potencialidade	21
4.4.	Uso de águas salobras na produção de mudas arbóreas	25
4.5.	Caracterização e uso de plantas de sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>)	27
5	MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1	Caracterização da área de estudo.....	30
5.2	Delineamento experimental e tratamentos	31
5.3	Sistema de criação de peixes.....	32
5.4	Produção de mudas	35
5.5	Manejo de irrigação e adubação	37
5.6	Avaliação da produção de mudas.....	40
5.6.1	<i>Análise de crescimento</i>	40
5.6.2	<i>Trocas gasosas foliares e índice de clorofila</i>	42
5.6.3	<i>Teores foliares de macro e micronutrientes</i>	42
5.7	Análise de dados	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1	Análises biométricas.....	44
6.2	Biomassa	48
6.3	Qualidade das mudas	54
6.4	Trocas gasosas foliares e índice de clorofila	57
6.5	Teores foliares de macro e micronutrientes	59

7	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Dentre os grandes desafios enfrentados pela agricultura na região semiárida tropical, se tem a quantidade e a qualidade de água usada para a irrigação. Falando do semiárido brasileiro, o território conta com cerca de 5 milhões de propriedades rurais (Fragoso *et al.*, 2020) e é formada por 11 estados: Piauí, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Maranhão, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo. Os municípios categorizados como pertencentes ao semiárido, são aqueles que possuem altas temperaturas médias, baixa pluviosidade, irregularidade de chuvas e alta taxa evapotranspiratória, aumentando a chances da escassez de água (Sobrinho *et al.*, 2021; Feitosa *et al.*, 2024).

Além desses fatores, outra dificuldade encontrada nessas regiões é a salinidade da água, que pode ser encontrada em corpos hídricos abertos e, principalmente, nas águas subterrâneas (Cañedo-Argüelles, 2020). Segundo alguns estudos (Freitas *et al.*, 2013; Sá *et al.*, 2018), a salinidade compromete a produção vegetal ao elevar a pressão osmótica da solução do solo, limitando a absorção hídrica pelas raízes (Nascimento *et al.*, 2017). Além disso, o acúmulo de íons potencialmente tóxicos, como sódio e cloreto, promove redução do crescimento da planta e inibe processo fisiológicos importantes, como as taxas de fotossíntese e de respiração (Ludwiczak *et al.*, 2021).

Mesmo com a problemática da salinidade da água, há a oportunidade de serem usadas, principalmente quando se aborda com uso de águas subterrâneas. Mundialmente essas águas são utilizadas para uso doméstico, agricultura e para a indústria (Gugulothu *et al.*, 2022). As águas subterrâneas não fogem do problema da qualidade e da quantidade de água suficientes para a produção de certas espécies vegetais e criações animais. Um estudo recente revela a caracterização acerca da condutividade elétrica e a vazão de poços de águas subterrâneas no estado do Ceará. Os autores relatam que há uma elevada quantidade de poços que possuem quantidade suficiente e qualidade adequada para sistema integrado de criação de peixes e a produção de mudas florestais da caatinga (Lessa *et al.*, 2023)

A adoção de sistemas integrados surge como alternativa para ampliar a eficiência do uso da água na produção rural. O Integrated Aqua-Agriculture Systems ou Sistemas Integrados de aqua-agricultura (IAAS), é uma metodologia de reuso de

água da produção de espécies aquáticas na irrigação de espécies vegetais, que promove o acesso a diversos nutrientes para a produção das plantas através da ração e das excretas dos peixes (Kimera *et al.*, 2024).

Integrando a produção de peixes com o reuso da água na produção de mudas de espécies florestais da caatinga, se pode ter uma maior eficiência produtiva. Nessa perspectiva, além da comercialização dos peixes há a possibilidade de venda das mudas para projetos de paisagismo e reflorestamento, possibilitando não somente um ganho financeiro no estabelecimento rural, mas também proporcionar a melhoria na qualidade ambiental de algumas áreas florestais através da recuperação, preservação e produção de árvores (Bessa *et al.*, 2017; Aderaldo *et al.*, 2020).

2 HIPÓTESE

A utilização de rejeitos da aquicultura favorece o crescimento, a nutrição mineral e as trocas gasosas foliares de mudas de sabiá;

A adoção de sistemas que promovem a mistura de águas doces e salobras mostra-se eficaz na atenuação dos efeitos deletérios da salinidade, fortalecendo a viabilidade produtiva e sustentável de mudas de espécies arbóreas da Caatinga, quando integrada à aquicultura.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Investigar a viabilidade produtiva de sistemas integrados e automatizado de produção de tilápias e de mudas de sabiá com emprego de águas com diferentes níveis de salinidade.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento de mudas de sabiá em sistema integrado com o reuso de águas da piscicultura.
- Avaliar as respostas fisiológicas em mudas de sabiá diante de diferentes estratégias de manejo de águas com presença de salinidade, com irrigação automatizada;
- Avaliar os teores de nutrientes na parte aérea das mudas de sabiá;
- Avaliar a produção de tilápia sob diferentes níveis de salinidade.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Produção de mudas de espécies arbóreas: realidades e perspectivas no semiárido brasileiro

A produção de mudas apresenta grande potencial lucrativo, diversos benefícios para a produção rural e na restauração da biodiversidade. Quando se aborda os viveiros brasileiros é possível identificar a produção de espécies nativas em quantidade e diversidade de espécies, mas ainda faltam incentivos, apoios e políticas para essa atividade, que em certos estados, ainda é insuficiente diante a sua demanda (Silva *et al.*, 2017; Freire *et al.*, 2022). Embora defasada, a produção de mudas no Brasil obedece a um conjunto de normas específicas. Possui regulamentação, registro, comercialização e utilização dessas mudas de espécies florestais e suas sementes (Tormes *et al.*, 2022). O cenário jurídico, mesmo com escassez, não prejudica os viveiristas, ao contrário, incentiva-os a buscar novas legislações, contribuindo assim, para o aprimoramento dos seus conhecimentos (Cunha *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2019).

No Brasil, há legislações que abordam a produção de mudas. A Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, regulamenta e detalha como deve ser a produção de mudas, trazendo todos os direitos e deveres de um produtor de mudas. A mesma cria o Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), que tem como atividades desde o registro de cultivares, análise de sementes e mudas até a fiscalização das produções de sementes no Brasil (Brasil, 2003).

Financeiramente, a produção de mudas de árvores, nativas e fruteiras, são economicamente viáveis para os produtores. Estudos demonstram que em alguns países como Etiópia, Gana, Brasil e Camarões, os viveiros, também chamados de berçários, podem gerar até \$8.000, de renda bruta (Ribeiro *et al.*, 2019; Uesugi *et al.*, 2019; Bannor *et al.*, 2020; Molla; Abteu; Tebkew, 2020). Mas, a renda final obtida pelo produtor, irá variar conforme as espécies a serem utilizadas e as tecnologias empregadas no viveiro. Segundo Folefack *et al.* (2022), nos viveiros Njombé-penja em Camarões, demonstrou-se que a muda de fruteira produzida impacta diretamente nos custos de produção. Já em um ensaio realizado em Botucatu, no Brasil, demonstrou-se que o uso de compostos bio sólidos e de solução nutritiva pode aumentar a renda do viveirista (Uesugi *et al.*, 2019).

Outro estudo realizado no Brasil (Lara; Costa; Sampaio, 2021), traz o detalhamento da rentabilidade de viveiros na produção de mudas de pau-rosa (*Aniba* spp.), no estado do Pará. Apesar da baixa produtividade, com cerca de 2.000 a 15.000 mudas produzidas anuais, alcançou vendas de R\$10,00 a R\$15,00, por muda, podendo chegar assim, a um valor bruto de R\$150.000 em um ano.

Abordando a relação socioambiental da produção de mudas, há a necessidade de restauração das florestas nativas. É de extrema importância na conservação de espécies da biota endêmica de alguns ambientes e também auxilia na diminuição das ações das mudanças climáticas (Hua *et al.*, 2022). Um dos pontos para o sucesso no uso de mudas no reflorestamento, é a qualidade das mesmas durante o processo de produção em viveiros (Riikonen; Luoranen, 2018).

Nesse contexto, também se pode evidenciar que a produção de mudas pode servir não somente para o reflorestamento, mas também para a produção de madeira e a conservação de paisagens e no paisagismo de zonas urbanas e para a fruticultura (Betts *et al.*, 2021; Brancalion; Chazdon, 2017). Diante da problemática da degradação de florestas e seu impacto na disponibilidade de água (Lim *et al.*, 2019), surge também a necessidade de atenção ao uso de água dentro dos viveiros de mudas florestais, que podem ser usadas no reflorestamento. A depender da idade, uma muda pode necessitar de até 2,5 L de água por dia. Ao observar o volume de mudas comercializadas, o total de água usado é relativamente alto (Bueno *et al.*, 2020).

Algumas metodologias precisam ser aplicadas em estufas de produção de mudas, como o uso de momentos de déficit hídrico ou a automatização da irrigação, que podem contribuir para a maior eficiência do uso de água (Westerband *et al.*, 2019; Bueno *et al.*, 2020). Diversos estudos são passíveis de observação nessa produção de mudas de espécies nativas do semiárido, como nas espécies: Carnaúba (Silva *et al.*, 2018), pau-branco (Araújo *et al.*, 2022) e sabiá (Antas *et al.*, 2024).

4.2 Sistemas integrados de aquacultura e produção de mudas

No contínuo desafio de sustentabilidade dentro dos sistemas agropecuários, surge a ideia dos sistemas agrícolas integrados. Nessas metodologias se tem a confecção de múltiplas produções em um delimitado espaço, um exemplo, é o ILPF, integração Lavoura-Pecuária-Floresta, onde o uso da atividade agrícola

somado com a silvicultura e a pecuária, traz mais renda e preservação do ambiente (Bieluczyk *et al.*, 2020; Reis *et al.*, 2021). Os sistemas integrados trazem diversos benefícios para o solo, a atmosfera e para a produtividade.

A ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono e a diminuição de compactação do solo são alguns dos itens benéficos conquistados nessa construção (Olivério *et al.*, 2022). Outro ponto importante no uso desses sistemas é a gestão da água, visto que o uso desse recurso natural se torna muito mais eficiente em sistemas integrados. Alguns autores trazem a redução dos impactos negativos na infiltração de água no solo, fazendo assim um melhor aproveitamento hídrico (Olivério *et al.*, 2022; Sone *et al.*, 2019).

O reuso de água na agricultura já é uma prática antiga, há registros históricos desde a época de bronze (3200 A.C) (Jaramillo; Restrepo, 2017). Nessa metodologia a água já usada para uma produção, e reutilizada em outra, tornando o sistema mais sustentável e economicamente viável, podendo diminuir o uso de fertilizantes sintéticos (Van Tung *et al.*, 2021). Em alguns casos se tem a reutilização de águas de complexos sistemas de aquicultura, criação de peixes, camarões e outros crustáceos, na produção das mais diversas culturas agrícolas e florestais (Pinto *et al.*, 2016; Zhu, 2016; Goddek; Keesman, 2020; Silva *et al.*, 2023; Kimera *et al.*, 2024).

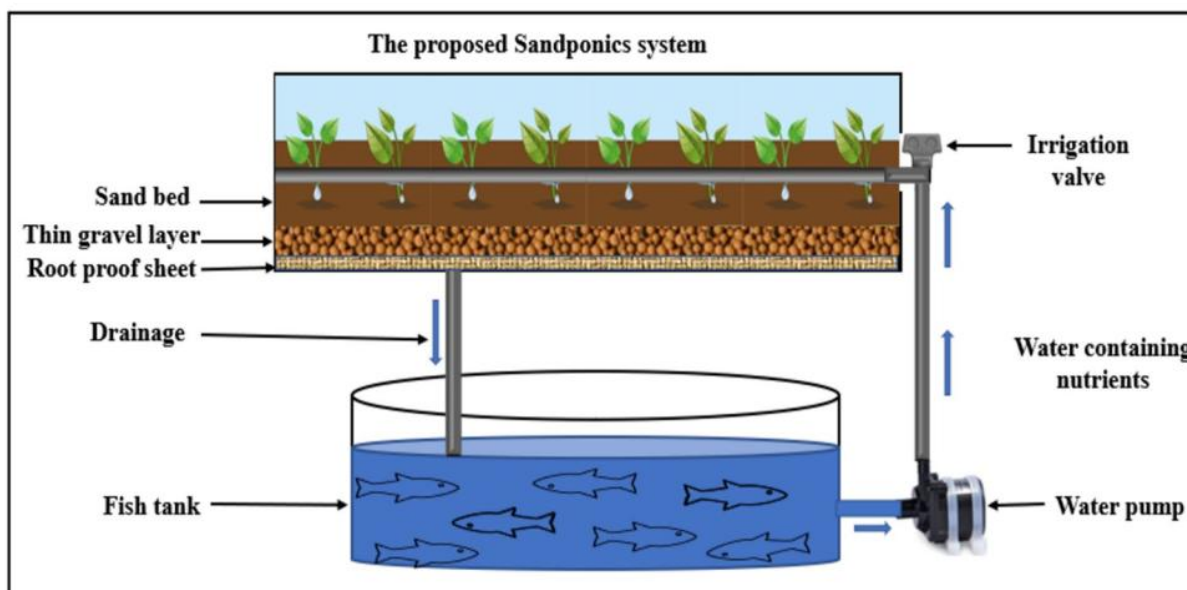
Um exemplo concreto desse reuso, de acordo com Kimera, *et al.* (2024), é a reutilização de águas de produção de peixe-gato (*Pangasianodon hypophthalmus*) na produção de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), em um sistema integração aquicultura-agricultura, não houve redução dos parâmetros produtivos e qualitativos das plantas, e houve ganho econômico na produção.

Um estudo conduzido no estado do Pará, Brasil, aborda o uso de 3 diferentes tratamentos de irrigação no plantio de alface: 100% de água de boa qualidade, 100% de água residual da piscicultura e 50% de água de boa qualidade mais 50% de água residual da piscicultura. Nesse estudo, os autores obtiveram níveis estatísticos semelhantes para a maioria das variáveis analisadas, chegando a apresentar diferenças significativas nos parâmetros: diâmetro da cabeça da planta, matéria fresca das folhas e matéria seca das folhas, número de folhas e produtividade para o tratamento de 100% de água residual da piscicultura. Foi constatado que o uso de águas residuárias pode substituir o uso de fertilizantes químicos no plantio da alface e provavelmente de outras culturas. O incremento de produção juntamente com

a diminuição do uso de insumos na produção e a combinação produtiva, podem ajudar financeiramente aos pequenos produtores rurais (Silva *et al.*, 2023).

Já em um estudo realizado em Novo Cairo, no Egito, usou um sistema integrado de peixes e cultivo de olerícolas (Figura 1), chamado de sistema aqua-vegeculture. Houve o reuso da água da criação de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) na produção de couve (*Brassica oleracea*). O sistema contava com um tanque de peixes com uma bomba de irrigação que transportava a água dos peixes para a irrigação do cultivo em substrato de areia mais cascalho. Nesse caso, a água de irrigação era drenada e voltada para o tanque de peixes. Houve estresse salino nas plantas cultivadas com o aumento da salinidade dos tanques de peixes. Mas foi possível identificar a possibilidade de cultivo de plantas e peixes em certos níveis de salinidade. Desta forma os autores concluem que o uso desses sistemas pode maximizar o uso das águas, principalmente em locais de baixa disponibilidade de águas de boa qualidade (Kimera *et al.*, 2024).

Figura 1 - Exemplo de sistema integrado aqua-vegecultura.



Fonte: (Kimera *et al.*, 2024).

4.3 Águas salobras no semiárido: problemática e potencialidade

Na saga de problemáticas que podem acontecer numa produção agrícola, um problema de origem abiótica é a salinidade das águas de irrigação. Essa salinidade se caracteriza pela presença em excesso de sais de cloro, sódio e outros

elementos (Kimera *et al.*, 2023). Elaborado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, traz a classificação de águas de acordo com sua salinidade: águas com presença de até 0,5 ‰ de sais ou $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, são classificadas como água doce; águas com presença de 0,5 ‰ a 30 ‰ de sais ou $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ a $37,5 \text{ dS m}^{-1}$, são classificadas como água salobra; águas acima de 30 ‰ ou acima de $37,5 \text{ dS m}^{-1}$, são classificadas como águas salinas (Mendes; Fagundes; Pereira, 2016; Silva; Souza, 2023). Segundo a resolução, as águas classificadas como salobra e salina se tornam impróprias para consumo humano e uso para irrigação (Brasil, 2005).

O uso das águas de qualidade inferior, como o caso das águas salobras, acarreta problemas de forma física, química e biológica, para a relação solo x planta. Na maioria das plantas cultivadas é possível identificar perda de produtividade com o aumento da salinidade da água de irrigação. Há também efeitos na altura das plantas, produção de biomassa, eficiência fotossintética e na germinação (Kamal; Ahmad, 2022; Sun *et al.*, 2024). Essas problemáticas se devem aos três principais tipos de problemas acarretados pelo excesso de sais: o estresse osmótico, a toxicidade de íons e o desequilíbrio nutrientes (Sun *et al.*, 2024). Além disso, outro ambiente afetado pela salinidade é a microbiota do solo, o uso de águas salobras pode reduzir ou mudar as comunidades microbianas no solo, estas que podem ser benéficas no processo de ciclagem de nutrientes e outros processos ecológicos (Dong *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2024; Wang, Tieqiang *et al.*, 2024).

Quando se observa o estresse osmótico na relação solo x planta, como abordado por alguns autores, há a influência dos íons de Na^+ e Cl^- , nos sistemas de cultivo, podendo ser apresentados, principalmente, como cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl_2). O acúmulo dos mesmos nas células vegetais, acarreta problemas oxidativos a nível celular, como danos a membranas, proteínas e ácidos nucleicos, conduzindo a disfunções de metabolismo da célula (Zhu, 2016; Ferreira *et al.*, 2017; Ludwiczak *et al.*, 2021).

Em condições de salinidade, ocorre o desequilíbrio entre íons benéficos e prejudiciais, comprometendo a nutrição das plantas. Em sistemas hidropônicos de alface irrigados com águas salobras, foi observado efeito deletério na absorção de K^+ e NO_3^- devido ao acúmulo de Na^+ e Cl^- (Cova *et al.*, 2017). Situação semelhante ocorre na produção de mudas de cajueiro anão, onde o excesso de sais também reduz a disponibilidade de nutrientes essenciais (Freitas *et al.*, 2013).

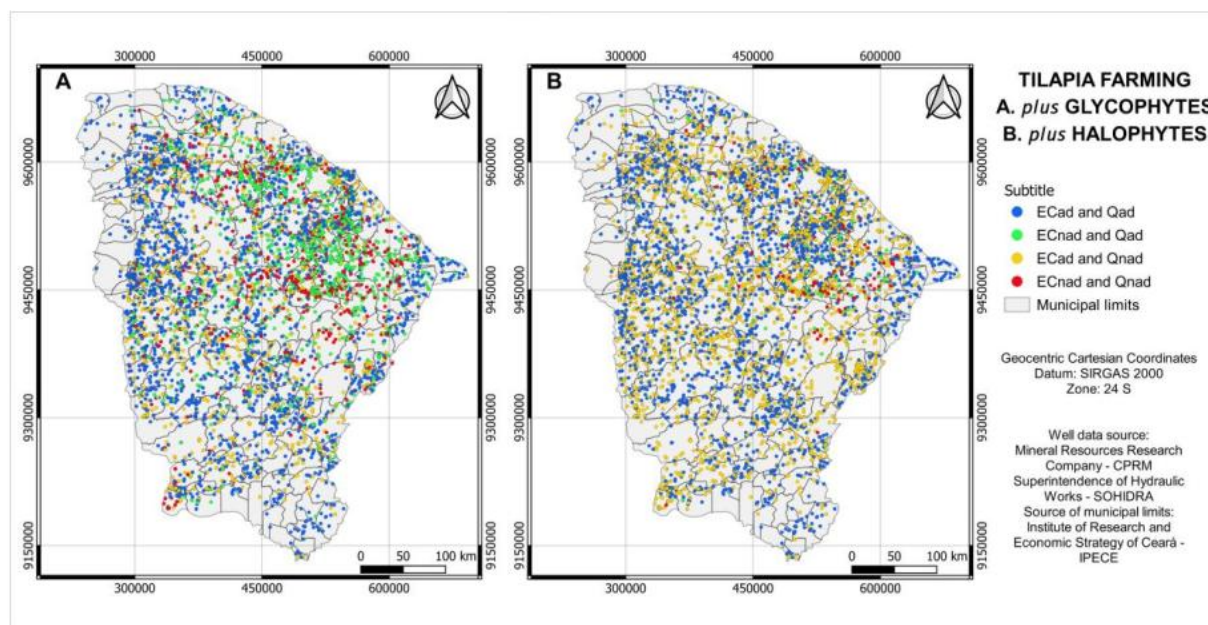
A agricultura bioassalina é definida como a produção de vegetal com águas salobras e em solos afetados por sais, com uso de diferentes estratégias de manejo. Essa atividade tem despertado o interesse de pesquisadores na área de irrigação. É possível detectar o declínio da qualidade de corpos hídricos e águas subterrâneas em diversas partes do mundo (Gheyi; Sandhu; Lacerda, 2023). Construído por pesquisadores do Ceará, Brasil, o artigo intitulado “Potential of Brackish Groundwater for Different Biosaline Agriculture Systems in the Brazilian Semi-Arid Region”, traz a caracterização das águas subterrâneas cearenses e seus possíveis usos (Lessa *et al.*, 2023).

O uso dessas águas mesmo que com suas dificuldades é usada no semiárido brasileiro, devido a alguns fatores, alta taxa de evapotranspiração, baixa pluviosidade, escassez de corpos hídricos em certas regiões geográficas, uso da água de boa qualidade para abastecimento (Cavalcante Júnior *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2019; Refati *et al.*, 2023). O uso de águas subterrâneas é identificado em diversas regiões do mundo (Zhu, M. *et al.*, 2021), como no Brasil (Amaral; Navoni, 2023), China (Wang, Tianyu; Xu; Pang, 2019), Estados Unidos da América (Baath *et al.*, 2020), Paquistão (Arshad *et al.*, 2022) e Israel (Lew *et al.*, 2020).

As águas subterrâneas no estado do Ceará são captadas por diversas metodologias, e são voltadas para o abastecimento humano, dessedentação animal e para a irrigação (Rodrigues *et al.*, 2019). Estudo desenvolvido por Lessa *et al.* (2023), com banco de dados de cerca de 25.000 poços de águas subterrâneas no estado do Ceará, identificou 6284 poços como águas salobras, com condutividade elétrica variando de 0,8 a 29,4 dS m⁻¹, com média de 1,97 dS m⁻¹. A vazão média desses poços com águas salobras foi de 2,48 m³/h (Lessa *et al.*, 2023).

De acordo com Lessa, *et al.*, (2023), há a potencialidade dessas águas salobras para diversos tipos de cultivos e criações, em pequena escala. Quando se aborda a produção vegetal das culturas, como o caso do milho, sorgo ou algodão, boa parte das águas são classificadas como inadequadas em qualidade e/ou inadequada em quantidade. Entretanto, para produção de mudas, sistemas hidropônicos, criação de tilápias e o sistema integrados de tilápias e produção (Figura 2), a maioria dos poços se encontram em boas condições de salinidade e de vazão.

Figura 2 - Potencial das águas subterrâneas salobras do Estado do Ceará (Nordeste do Brasil) para associações de peixes (tilápia) mais glicófitas (A) e peixes (tilápia) mais halófitas (B), com base no limite condutividade elétrica da água de irrigação (EC) e taxa de descarga (Q).



ECad: condutividade elétrica adequada; ECnad: condutividade elétrica inadequada; Qad: Adequada descarga; Qnad: inadequada descarga.

Fonte: (Lessa *et al.*, 2023).

Como abordado anteriormente, o uso da metodologia de sistemas integrados pode ser eficiente no caso da utilização de águas salobras. Como, por exemplo, um estudo do uso de águas subterrâneas dessalinizadas para produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis n.*) e reuso da sua água para produção de acelga portuguesa (*Beta vulgaris* subsp. *cicia*) em areia. Foi possível verificar a eficiência do uso da água nesse sistema (Sewilam *et al.*, 2022).

Diante da dificuldade com o uso das águas salobras, principalmente para o cultivo de plantas glicófitas, que são sensíveis à salinidade, há a necessidade da implementação de técnicas ou estratégias para mitigar o estresse salino (Pereira *et al.*, 2021; Gheyi; Sandhu; Lacerda, 2023). Alguns autores investigaram o efeito do uso alternado de águas doces e salobras na irrigação. Foram aplicados tratamentos com água exclusivamente doce ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$), água moderadamente salobra ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) e água mais salobra ($5,7 \text{ dS m}^{-1}$). Além disso, testaram combinações cíclicas, como três irrigações consecutivas com água salobra seguidas de uma irrigação com água doce,

repetindo esse padrão ao longo do ciclo. Em relação à produtividade do milho, os resultados mostraram que, além da irrigação apenas com água doce, o uso alternado de água doce e moderadamente salobra (uma irrigação com cada tipo) também foi eficiente. Essa estratégia permitiu maior disponibilidade de água salobra para o cultivo, sem comprometer significativamente a produção (Hassanli; Ebrahimian, 2017).

Já uma pesquisa desenvolvida em Paraíba, Brasil, demonstra o uso da água salobra ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), em certas fases do ciclo de vida da cultura do maracujazeiro (vegetativa, florescimento, frutificação, vegetativo e florescimento e da fase vegetativa até a frutificação), a fim de identificar se há a possibilidade de uso em certas fases do desenvolvimento da planta, para mitigação dos efeitos da salinidade. Nesse formato os autores detectaram que o uso de águas salobras nas fases vegetativas, frutificação e vegetativa até a frutificação, resultam em uma produção semelhante à cultura do maracujá irrigado com água de baixa salinidade. Demonstrando assim que a espécie é mais tolerante a salinidade nessas fases fenológicas (Lima *et al.*, 2022).

4.4. Uso de águas salobras na produção de mudas espécies arbóreas

Como já abordado anteriormente, o uso de águas salobras é desafiador. Mas, somado a mais alguns fatores, como a ambiência agrícola dentro de estufa para produção de mudas, pode acarretar mais problemas no desenvolvimento inicial das plantas, resultando em menor produtividade e/ou no crescimento. A metodologia dentro dos viveiros influencia diretamente na qualidade de mudas. Itens como tipo da estufa, estrutura, cobertura, sombrite (sombreamento), pé direito, recipientes, substratos e irrigação, podem variar tanto os custos, quanto a qualidade de mudas produzidas (Lopes; Guerrini; Saad, 2007; Costa *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2011). Um ensaio desenvolvido em viveiros, na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), verificou-se que a lâmina de irrigação influenciou diretamente nas variáveis de crescimento das mudas analisadas (Lopes; Guerrini; Saad, 2007).

A salinidade da água de irrigação também impacta a produção de mudas de espécies florestais. O trabalho de pesquisadores da UFC, Ceará, Brasil, demonstra os efeitos da salinidade da água de irrigação em 6 espécies florestais da caatinga (Aroeira-preta - *Myracrodruon urundeuva*, Ipê-roxo - *Handroanthus impetiginosus*, Pata-de-vaca - *Bauhinia unguculata*, Mulungu - *Erythrina velutina*, Sabiá - *Mimosa*

caesalpiniifolia, Pau-mocó - *Luetzelburgia auriculata*). Houve redução significativa da massa seca das 6 espécies florestais com o aumento da salinidade. Principalmente no Pau-mocó, ocorreu acúmulo de íons de sódio nas folhas, em função da redução dos íons de potássio. Sobre a salinidade limiar, foi constatado que a espécie Aroeira-preta é uma das espécies de maior tolerância aos sais da água de irrigação, podendo ser assim mais usada em viveiros que têm mais disponibilidade de águas salobras (Bessa *et al.*, 2017).

Em relação ao acúmulo de íons de sódio nas folhas de mudas de espécies florestais em viveiros, o mesmo ocorre com espécies nativas da Eslováquia (*Pyrus pyraeaster* e *Tilia cordata*), onde há, com o aumento da salinidade de água de irrigação o aumento da relação Na^+/K^+ , o que acarreta diversos distúrbios na planta. Os autores encontraram redução da condutância estomática, o que acarretará redução no processo de fotossíntese e diminuição produtiva dessas plantas (Paganová; Hus; Lichtnerová, 2022).

Outra pesquisa realizada no Rio Grande do Norte - Brasil, investigou o reuso de água de piscicultura na produção de mudas de jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea*). Foi utilizada água residuária proveniente da piscicultura em concentrações variadas (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) combinadas com água de abastecimento na irrigação das mudas. Verificou-se que houve mudança na condutividade elétrica dos tratamentos variando de $0,54 \text{ dS m}^{-1}$ até $4,25 \text{ dS m}^{-1}$ (Almeida *et al.*, 2017). De acordo com estes autores, houve redução significativa em todos os parâmetros analisados, inclusive no Índice de Qualidade de Dickson. O uso de 25% da água residual de peixes juntamente com 75% de água de abastecimento (boa qualidade), se mostra uma estratégia eficiente para a produção de mudas de jurema-branca, podendo ser recomendado para os viveiristas da região.

Bessa *et al.* (2017) estudaram a produção de mudas de sabiá com uso de água salobra na irrigação. Foram avaliados os efeitos da irrigação com água com diferentes salinidades (1.2 , 2.7 , 4.7 , 6.7 e 8.4 dS m^{-1}), com plantas mantidas como mudas por 90 dias. Houve redução percentual de 13,20% com salinidade de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$. Porém, a espécie é classificada como sensível à elevação dos níveis de salinidade, interferindo diretamente nas respostas fisiológicas das mudas e causando estresse.

4.5. Caracterização e uso de plantas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)

O sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), também conhecido como sansão-do-campo ou unha-de-gato, é uma angiosperma dicotiledônea pertencente à família Fabaceae. Trata-se de uma espécie florestal rústica, capaz de se adaptar e se desenvolver em condições adversas, sendo considerada resistente à seca, de rápido crescimento e com alta capacidade regenerativa (Melo *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2019).

A planta pode atingir até 10 m de altura e apresenta acúleos temporários em ramos e troncos. Suas folhas são bipinadas, com 4 a 5 pinas, cada uma contendo de 4 a 8 folíolos obovados, de textura membranácea ou subcoriácea (Figura 3). As inflorescências são do tipo espiguetas. As sementes são pequenas, obovóides ou orbiculares, de tegumento duro e castanho, necessitando de quebra física para germinação (Figura 4). A germinação ocorre em 1 a 2 semanas, e as mudas podem ser levadas a campo entre 3 e 5 meses (Figura 5). (Carvalho, 2006; EMBRAPA, 2021).

Figura 3 - Folhas de sabiá.



Fonte: Autor (2025).

Naturalmente, o sabiá ocorre em diversos estados brasileiros, com maior predominância no Ceará, além de Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Tocantins. Sua rusticidade e adaptação ao semiárido fazem da espécie uma alternativa viável para programas de reflorestamento e recuperação ambiental (Carvalho, 2006; Passos; Tavares; Alves, 2007).

Figura 4 - Frutos e semente do sabiá



Fonte: (Carvalho, 2006).

Figura 5 - Mudas de sabiá com 4,5 meses.



Fonte: Autor (2025).

O principal uso do sabiá é a produção de madeira, que pode substituir o eucalipto em diversas aplicações. É utilizada em mourões, vigas para cercas, lenha, carvão e estacas (Ribeiro *et al.*, 2008; Melo *et al.*, 2018). A produtividade de madeira no Nordeste pode alcançar $7,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em cerca de oito anos de cultivo.

Além da madeira, a espécie também é utilizada como forragem animal, devido ao alto teor de proteínas em suas folhas, sendo comparável a outras leguminosas forrageiras como leucena (*Leucaena leucocephala*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) (Silva *et al.*, 2009; Antas *et al.*, 2024). O sabiá também possui usos

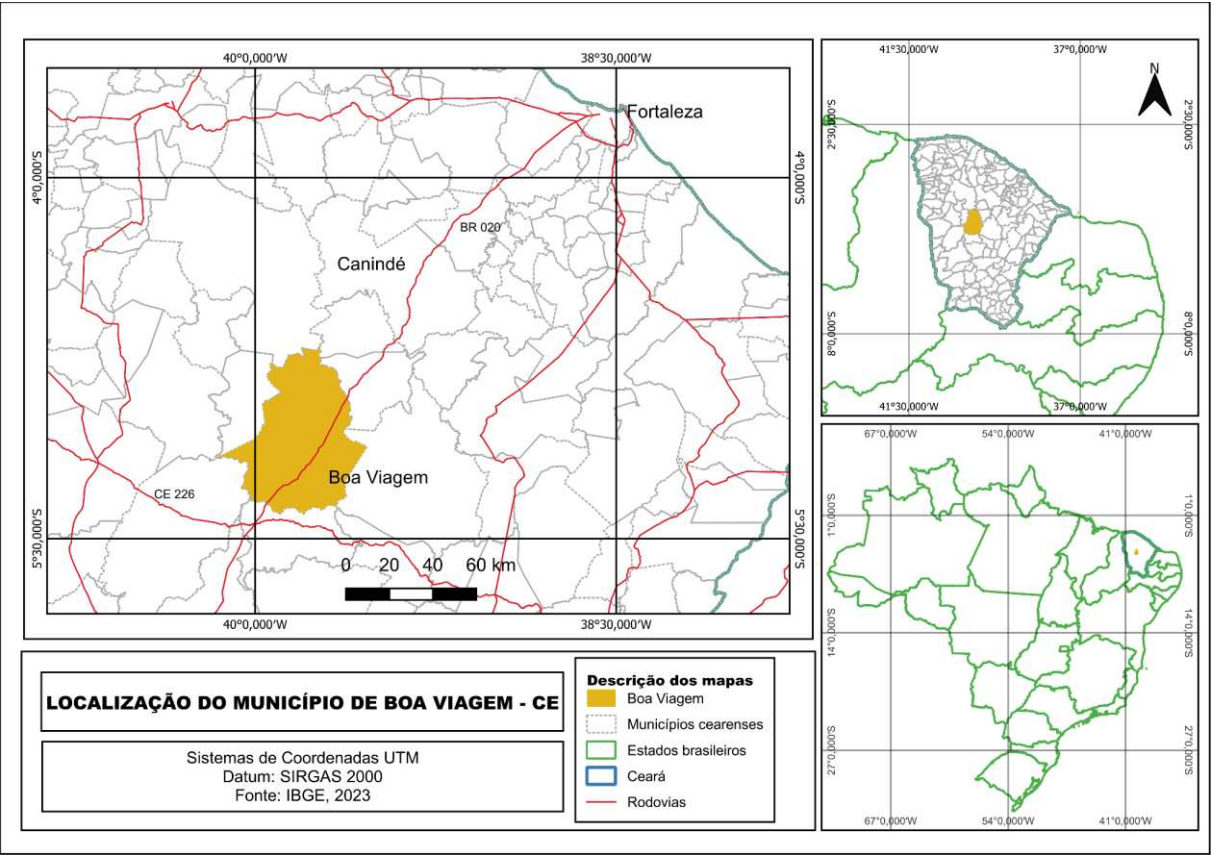
farmacológicos, sendo empregado na medicina alternativa para o tratamento de problemas respiratórios, hipertensão e inflamações (Oliveira *et al.*, 2024).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi conduzido no período de março a agosto de 2025 no município de Boa Viagem, no Ceará, no campus de Boa Viagem do Instituto Federal do Ceará – IFCE (5° 08' 31" S, 39° 70' 67" O e altitude de 275 m). O município de Boa Viagem (Figura 6) está localizado a 206 km da capital do estado, Fortaleza. Está situado na Região Sertão de Quixeramobim, que engloba 7 municípios: Banabuiú, Boa Viagem, Choró, Ibareta, Madalena, Quixadá e Quixeramobim. Boa Viagem conta com uma extensão de área de 2836,8 km² (IPECE, 2025). O clima de Boa Viagem é tropical quente semiárido (BSh), com pluviosidade média de 703,8 mm, e temperaturas médias de 27 °C. O período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a abril. Seu bioma predominante é a Caatinga (IPECE, 2025).

Figura 6 - Mapa de localização do município de Boa Viagem.



Fonte: (IBGE, 2024).

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação com dimensões de 6 metros de largura e 12 de comprimento, com 3 m de pé direito, sendo coberta com sombrite preto 50% pelas laterais e parte superior. A parte superior foi também coberta com filme plástico transparente, de 150 micras (Figura 7).

Figura 7 – Casa de vegetação construída no IFCE, Campus Boa Viagem, em Boa Viagem - CE.



Fonte: Autor (2025).

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em de blocos ao acaso, em parcelas subsubdivididas, com 4 repetições e duas plantas por repetição. A parcela foi composta pela condutividade elétrica da água usada para irrigação: $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ (água doce), $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ (mistura de águas doce e salobra) e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (água salobra). A subparcela se caracterizou pela presença ou ausência do cultivo de tilápias nas diferentes fontes hídricas, sendo três caixas com e três caixas sem peixes. A subsubparcela foi composta pela presença ou ausência de adubação mineral com NPK.

5.3 Sistema de criação de peixes

Os peixes, da espécie tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 8), foram introduzidos ao sistema como alevinos de 1 dia, com peso médio de 2 g, no dia 27 de março de 2025, obtidos na empresa Ceará Tilápias, localizada no município de Fortaleza-CE. O sistema de criação das tilápias foi conduzido em 3 reservatórios de polietileno Bakof de 2.000 L, com altura sem tampa de 0,9 m, diâmetro sem tampa de 1,99 m e diâmetro da base com 1,66 m, mantidos acima do solo (Figura 9). Usou-se uma densidade de 72 peixes/m³ (Navarro *et al.*, 2021) para o povoamento dos tanques, totalizando no início 144 peixes por reservatório.

Figura 8 - Peixe da espécie Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).



Fonte: Autor (2025).

Figura 9 - Tanque de criações de peixes na unidade experimental, Boa Viagem - CE.



Fonte: Autor (2025).

Cada reservatório recebeu águas de diferentes fontes hídricas. A água do tanque de água de baixa salinidade foi proveniente da captação de água da chuva,

armazenada em caixa d'água de 8.000 L, e transportada para a área de pesquisa por meio de gravidade, possuindo em média $0,2 \text{ dS m}^{-1}$. No tanque de água salobra ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), a água foi fornecida a partir de um poço profundo, também localizado nas imediações do Campus de Boa Viagem, com sucção feita por uma bomba periférica de $1/2 \text{ cv}$, quando necessário, caso a medição da salinidade da água se encontrava a baixo de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, foi realizada a incorporação de doses de NaCl até chegar a medida de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. A água da terceira caixa foi obtida pela mistura de águas doce (baixa salinidade) e salobra, tendo assim salinidade média de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$. Em todas as caixas, os peixes receberam o mesmo nível de manejo e alimentação.

O manejo alimentar foi realizado diariamente, variando conforme o crescimento dos peixes. Foi utilizado o arraçoamento de peixes recomendado pelo produtor. Ração em pó para a fase de alevinos (primeiro mês), ração de 2 mm para fase juvenil (segundo mês), ração de 4 mm para crescimento (terceiro mês) e ração de 6 a 8 mm para fase de engorda (a partir do quarto mês). A oferta de ração foi realizada de 3 a 4 por dia no primeiro mês e a partir do segundo mês, somente duas vezes ao dia, nos horários de 06:00 h e 17:00 h. Foram realizadas biometrias de peso a cada 40 dias para pré-avaliação para mudança da ração.

A oxigenação das caixas foi atendida usando uma bomba de oxigenação submersa de 1.600 L/h da marca Ocean Tech. O aparelho foi afundado a cerca de 40 cm abaixo da superfície da água e na sua saída foi inserida uma tubulação de polietileno de 60 cm, para formação de uma queda de água, para ajustar e melhorar a oxigenação dos peixes.

Foram realizadas limpezas periódicas a cada dois meses, realizando a renovação parcial da água, retirada de excretas em excesso, e limpeza de lodo das superfícies internas, bombas e tubulações. O desenvolvimento dos peixes foi acompanhado por um período de 6 meses, sendo que o reuso das águas dos peixes na produção de mudas aconteceu entre 97 e 148 dias após o povoamento (DAP).

Foram realizadas avaliações biométricas parciais dos peixes até os 170 dias após o povoamento, utilizando-se 10% da quantidade total de peixes por avaliação (14 peixes). As avaliações periódicas foram: peso médio (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm). A avaliação final foi realizada aos 170 dias após o povoamento (DAP) sendo feitas comprimento total final (cm), comprimento padrão final (cm), peso total final (g) e biomassa total (kg). O comprimento parcial foi feito da boca até o início da barbatana caudal, já o comprimento total, foi feito da boca até o

final da barbatana caudal (Figura 10). A sobrevivência foi calculada com base na quantidade de alevinos introduzidos (144 por reservatório) e na quantidade de peixes que restaram no final do ciclo.

Figura 10 - Avaliação da produção de peixes.



Fonte: Autor (2025).

O peso médio das tilápias ficou em torno de 78,1 g em água doce, 101,7 g em mistura de águas e 92,4 g em água salobra (Tabela 1). A produção total em cada recipiente alcançou 8,99, 9,36 e 9,98 kg, para os tratamentos com 0,2, 1,6 e 3,0 dS m⁻¹, com taxa de sobrevivência média de 75%, representando um total de peixes de 115, 92 e 108 peixes finais no experimento, respectivamente para cada nível de salinidade.

Tabela 1 – Peso médio (PM), comprimento padrão médio (CPM) e comprimento total médio (CTM) de tilápias em função da salinidade da água e dos dias após o povoamento (DAP).

DAP	Salinidade (dS m ⁻¹)	PM (g)	CTM (g)	CPM (g)
45	0,2	16,9	5,9	4,6
	1,6	24,4	6,7	5,1
	3,0	25,9	6,8	5,3
90	0,2	24,6	10,8	8,9
	1,6	48,6	13,5	11,4
	3,0	51,9	14,1	11,5
135	0,2	64,5	15,2	12,5
	1,6	80,0	15,4	12,4
	3,0	74,9	17,0	13,8
170	0,2	78,1	16,0	13,1
	1,6	101,7	17,4	14,2
	3,0	92,4	17,6	14,3

O crescimento inferior do esperado pode estar relacionado a fatores de manejo, como aeração insuficiente, densidade de estocagem, ausência de decantador e falta de monitoramento da qualidade da água. Souza, *et al.* (2021) destacam que a oxigenação é determinante para o crescimento e sobrevivência dos peixes, enquanto (Raposo *et al.*, 2021), ressaltam que o acúmulo de matéria orgânica nos reservatórios compromete a qualidade da água e, conseqüentemente, o desempenho produtivo. Além disso, a ausência de kits de análise dificultou o acompanhamento de parâmetros críticos, como oxigênio dissolvido e amônia, que são essenciais para o manejo adequado.

5.4 Produção de mudas

Foram utilizadas mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), que tem ocorrência na Caatinga e no semiárido brasileiro. Utilizou-se mudas com idade de 3 meses, produzidas em tubetes de 175 cm³ (Figura 11), obtidas na Unidade de Produção de Mudas Auroras (UPMA), localizada no Campus das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, em Redenção-CE.

Figura 11 - Mudanças de sabiá em tubetes, cultivadas na UPMA, em Redenção -CE.



Fonte: Autor (2025).

O transplântio ocorreu no dia 01 de julho de 2025, para sacos de polietileno de 15 cm de largura e 28 cm de altura (Figura 12). O substrato utilizado possuía uma proporção 3:1:1, sendo 3 partes solo com textura arenosa, 1 parte de Bioadubo e 1 parte de Bagana de Carnaúba. Os resultados da análise do substrato estão localizados Tabela 2.

Figura 12 - Transplântio de mudas de sabiá.



Fonte: Autor (2025).

Tabela 2 - Caracterização física e química do substrato inicial utilizado no experimento.

Características físicas							
Composição Granulométrica (g kg ⁻¹)					Classificação	Densidade (g cm ⁻³)	
Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural		Global	Partículas
739	179	62	20	13	Areia	1,40	2,59

Características químicas															
M.O	C	N	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Na ⁺	SB	CTC	P	pH	V	PST	CE
(g kg ⁻¹)			(cmol _c kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)			(%)			(dSm ⁻¹)	
12,96	7,52	0,82	3,80	0,98	0,30	0,66	0,20	0,42	5,5	6,2	179	6,4	89	7	2,38

M.O - matéria orgânica; SB - soma de bases; PST - percentagem de sódio trocável; CE - condutividade elétrica.

5.5 Manejo da irrigação e adubação

As mudas foram mantidas em experimentação por 50 dias, recebendo a diferenciação de tratamentos de irrigação a partir do dia 02 de julho de 2025. Foram utilizadas seis fontes hídricas, sendo três com reuso de águas da piscicultura e três sem reuso de águas da piscicultura. As caixas com peixes eram de 2.000 L, já os reservatórios sem peixes eram de 1.000 L (Figura 13). A análise química realizada ao final do período experimental para as seis fontes hídrica está apresentada na Tabela 3.

Figura 13 - Experimento em funcionamento, ao fundo, reservatório com águas de diferentes salinidades, sem peixes.



Fonte: Autor (2025).

Tabela 3 - Caracterização química das águas utilizadas no experimento, após a finalização do experimento.

Fonte hídrica	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE ¹	RAS	pH	Classificação
	(cmolc L ⁻¹)						(dS m ⁻¹)			
Doce sem peixes	1,8	0,3	3,3	1,3	6,5	0,4	0,69	0,57	7,5	C2S1
Mistura sem peixes	2,3	0,6	2,4	12,0	16,9	0,6	1,77	5,54	8,2	C3S1
Salobra sem peixes	4,3	1,1	6,1	17,4	29,2	0,4	2,93	11,08	8,2	C4S1
Doce com peixes	1,7	0,5	3,0	1,4	6,2	0,5	0,68	0,65	7,0	C2S1
Mistura com peixes	4,5	1,7	6,7	7,8	20,2	0,7	2,16	3,97	7,2	C3S1
Salobra com peixes	4,8	0,5	6,1	13,0	25,0	0,8	2,56	8,96	7,2	C4S2

¹CE - condutividade elétrica; RAS - Razão de Adsorção de Sódio

A irrigação aconteceu por meio do bombeamento das águas por bombas periféricas de 1/2 cv, conectadas por uma mangueira de 1 pol, para fitas gotejadoras (tubo gotejador não compensante Taldrip), possuindo vazão de 1,7 L/h, diâmetro nominal de 17 mm e espaçamentos entre emissores de 20 cm (bobina de 1.500 m).

A irrigação foi realizada duas vezes ao dia, com cada bombeamento de água sendo feito por 30 min (0,5 h), cerca de 850 ml em cada evento. As irrigações aconteceram de forma automática às 06:00 h e às 16:00 h, por meio de um Temporizador Timer Analógico Programável (Figura 14).

Figura 14 – Temporizador timer usado no experimento



Fonte: Autor (2025).

Para acionar o timer, o aparelho é conectado em uma tomada elétrica de 3 pinos, e a fiação elétrica das bombas é ligada ao aparelho. Ao ser inserido na rede elétrica, foi necessário ajustar o horário do timer ao horário real, indicado pela seta preta perto do nome da marca. Para acontecer a irrigação, são pressionados os dentes indicativos entre os horários, que representam 15 min cada. Por exemplo, entre 6:00 h e 7:00 h, possui 4 dentes, ao pressionar os dois primeiros, a irrigação será feita

das 6:00 h às 6:30 h. Dessa forma foi selecionado os horários de 06:00 h às 06:30 h e 16:00 h às 16:30 h, para irrigação do experimento.

A adubação foi realizada na metade das plantas cultivadas, se deu por adubação de fundação com NPK 10-10-10 comercial. A adubação foi realizada antes do transplântio de mudas, com 6 g de NPK por saquinho (3,35 g/L de substrato) (Oro *et al.*, 2016). Após o experimento, o substrato foi encaminhado para ser analisado no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do IFCE – Campus Limoeiro do Norte (LABSAT), os resultados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização química do substrato utilizado, após a finalização do experimento.

Tratamentos			C	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	P	pH	CE _e
Salinidade	Peixes	Adubação	(mmol _c kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)		(dSm ⁻¹)
Doce	Com	Sem	15,38	24,1	2,64	15,7	3,8	384	6,7	0,5
		Com	19,98	16,6	2,49	11,9	3,2	400	6,5	0,47
	Sem	Sem	11,54	19,5	2,20	16,0	2,3	252	6,9	0,43
		Com	14,76	16,2	2,23	15,5	2,4	373	7,0	0,92
Mistura	Com	Sem	20,36	21,7	2,56	22,4	12,6	429	7,1	1,09
		Com	19,19	21,3	2,64	21,7	10,2	770	6,9	1,30
	Sem	Sem	16,85	14,1	2,17	16,3	13,9	293	7,1	1,01
		Com	14,79	21,3	2,23	10,2	9,48	364	6,2	1,13
Salobra	Com	Sem	11,89	16,0	2,41	18,5	15,3	295	7,3	1,62
		Com	16,01	19,3	2,56	20,5	10,2	384	7,3	1,46
	Sem	Sem	12,55	13,4	2,14	15,8	16,7	169	7,4	1,77
		Com	10,17	15,2	2,19	13,0	16,9	386	7,1	1,91

M.O - matéria orgânica; SB - soma de bases; PST - percentagem de sódio trocável; CE_e - condutividade elétrica, pelo método do extrato da saturação.

5.6 Avaliação da produção de mudas

5.6.1 Análise de crescimento

Foram realizadas análises de crescimento das mudas pelas seguintes variáveis: altura de planta (AP, cm), diâmetro de caule (DC, mm), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (folhas, caules e pecíolos) (MFPA, g), massa fresca da raiz (MFR, g), massa fresca total (MFT, g), massa seca da parte aérea (folhas, caules e pecíolos) (MSPA, g), massa seca da raiz (MSR, g) e massa seca total (MST, g). Foram feitas avaliações após o transplântio e a cada 15 dias, sendo feita 4 avaliações para AP e NF, 3 avaliações para DC, e ao final do experimento as medições de biomassa (Figura 15).

Figura 15 - Avaliação das plantas cultivadas. Em sequência, da esquerda para direita: Régua para medição, paquímetro digital para medição, aparelho IRGAS para medição, aparelho SPAD para medição, Pesagem das folhas e pecíolos, pesagem dos caules, pesagem das raízes.



Fonte: Autor (2025).

A medição da AP ocorreu por meio de uma régua graduada, da base de caule, rente à superfície do substrato, até a mais alta interseção do meristema apical, expresso em cm. A medição do NF, aconteceu pela contagem das folhas compostas bipinadas, onde cada folha contém de 4 a 6 folíolos. As medições aconteceram nos dias 0, 15, 30, 45 dias após o transplantio (DAT). O DC foi medido por meio de um paquímetro digital, na base da planta, onde se localiza o coleto, a intercessão entre caule e raiz das mudas, expresso em mm, sendo realizada nos dias 15, 30 e 45 DAT.

A MFPA e a MFR, foram medidas aos 50 DAT, com a coleta destrutiva das mudas, separando os folíolos, dos caules e pecíolos, e raízes, sendo esta últimas sendo totalmente limpas, para retirar excesso de substrato retido. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para pesagem no Laboratório de

Bromatologia e Nutrição do IFCE, campus Boa Viagem. As amostras foram secas em uma estufa de ar de circulação fechada a uma temperatura média de 65 °C por 72 h, sendo pesadas em uma balança analítica, depois trituradas em um moinho do tipo “willey”, e armazenadas em potes de plástico herméticos.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foi obtido conforme a equação 2 (Dickson; Leaf; Hosner, 1960). O IQD permite definir um padrão ideal de mudas para o plantio, podendo assim, seguindo aspectos morfológicos, selecionar mudas que expressam maior uniformidade e resistência às condições adversas do campo (Lima *et al.*, 2018).

$$IDQ = MST/((AP+DC)+(MSPA/MSR)) \quad (2)$$

onde, MST = Massa seca total (g), AP = Altura da planta (cm), DC = Diâmetro do caule (cm), MSPA = Massa seca da parte aérea, MSR = Massa seca da raiz.

5.6.2 Trocas gasosas foliares e índice de clorofila

As medições das trocas gasosas foliares: condutância estomática (gs, $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e taxa fotossintética líquida (A , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram realizadas em folhas da parte superior das mudas, utilizando-se o analisador de gases infravermelho portátil (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK). As medições foram realizadas aos 45 dias após o início dos tratamentos, entre 09:00 e 11:00 h, sob radiação artificial ($1.400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e sob condições ambientais de temperatura ambiente e concentração de CO_2 . Para o índice relativo de clorofila (IRC, mmol L^{-1}) foi usado um clorofilômetro (SAPD-502, Minolta) em uma das folhas compostas da terceira parte superior das mudas, realizando-se 4 leituras por folha.

5.6.3 Teores foliares de macro e micronutrientes

As amostras secas e moídas de folhas foram submetidas a análise foliar no Laboratório de Análises de Solos e Materiais Vegetais, Manhuaçu/Mg, onde foram realizadas as determinações de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca),

Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu).

As extrações e determinações se deram pela seguinte forma: N = Extração por Digestão Sulfúrica - Destilação pelo método Kjeidahl; K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu = Extração por Digestão Nítrico-Perclórica e Determinação em Absorção Atômica; P = Extração por Digestão Nítrico-Perclórica e Determinação por Colorimetria com ácido Ascórbico; S = Extração por Digestão Nítrico-Perclórica e Determinação por Turbidimetria com Cloreto de Bário; B = Extração por Digestão via seca em Cadinhos na Mufla e Determinação por Colorimetria com Azometina H.

5.7 Análise de dados

As variáveis de crescimento, fisiológicas e nutricional das mudas foram submetidas ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ($p \leq 0,05$), nos casos de normalidade de dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância, e assim médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa Assistat 7.7 Beta (Silva; Azevedo, 2016). Para essa segunda análise e apresentação dos resultados foi utilizado o Office Excel 2019.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análises biométricas

A Tabela 5 apresenta um resumo da análise de variância e comparação de média para os efeitos isolados dos fatores sobre a altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas. É possível observar que houve interação entre os fatores salinidade e criação de peixes para o crescimento em AP, DC e NF das mudas de sabiá ao nível de significância de ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$). Já a adubação não influenciou diretamente nesse crescimento, dando um resultado não significativo em todas as variáveis, nem a interação entre os três fatores analisados (SxPxA).

Os efeitos isolados de salinidade e reuso da água de peixes mostraram diferenças significativas no crescimento das plantas. Para salinidade, os níveis de 0,2 e 1,6 dS m⁻¹ apresentaram os maiores valores de altura e comprimento, não diferindo entre si, enquanto a salinidade elevada (3,0 dS m⁻¹) reduziu significativamente todos os parâmetros avaliados, confirmando efeito negativo do excesso de sais. No fator peixes, o reuso da água proporcionou maior altura e comprimento das plantas, diferindo estatisticamente do tratamento sem reuso, que apresentou valores inferiores. Assim, observa-se que a salinidade alta prejudica o desenvolvimento, enquanto o reuso da água de peixes favorece o crescimento vegetal.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento de altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) na última medição (45 DAT) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.

Fonte de Variação	GL	Valor F		
		AP	DC	NF
Salinidade (S)	2	34,1363 **	10,5944 **	9,0794 **
Resíduos (a)	9			
Criação Peixes (CP)	1	36,7357 **	36,8233 **	8,2998 *
SxCP	2	11,5707 **	5,3338 *	5,1490 *
Resíduos (b)	9	-	-	-
Adubação mineral (AM)	1	3,5675 ns	0,9058 ns	2,3736 ns
SxAM	2	1,4773 ns	0,6917 ns	0,5000 ns
CPxAM	1	0,0011 ns	0,0064 ns	0,0073 ns
SxCPxAM	2	1,4520 ns	1,6339 ns	1,1337 ns
Resíduos (c)	18			
Total	47			
CV (S) (%)		13,35	13,44	17,64
CV (CP) (%)		15,05	8,84	15,31
CV (AM) (%)		20,4	11,82	19,09
Médias				
Salinidade (dS m ⁻¹)		cm	mm	
0,2		42,40 a	5,90 a	17,81 ab
1,6		46,98 a	5,52 ab	19,94 a
3,0		31,65 b	4,58 b	15,25 b
Peixes				
Com reuso		45,65 a	5,08 a	18,79 a
Sem reuso		35,03 b	5,89 a	16,54 b
Adubação				
Com NPK		42, 59 a	4,19 a	18,42 a
Sem NPK		38,10 a	4,06 a	16,92 a

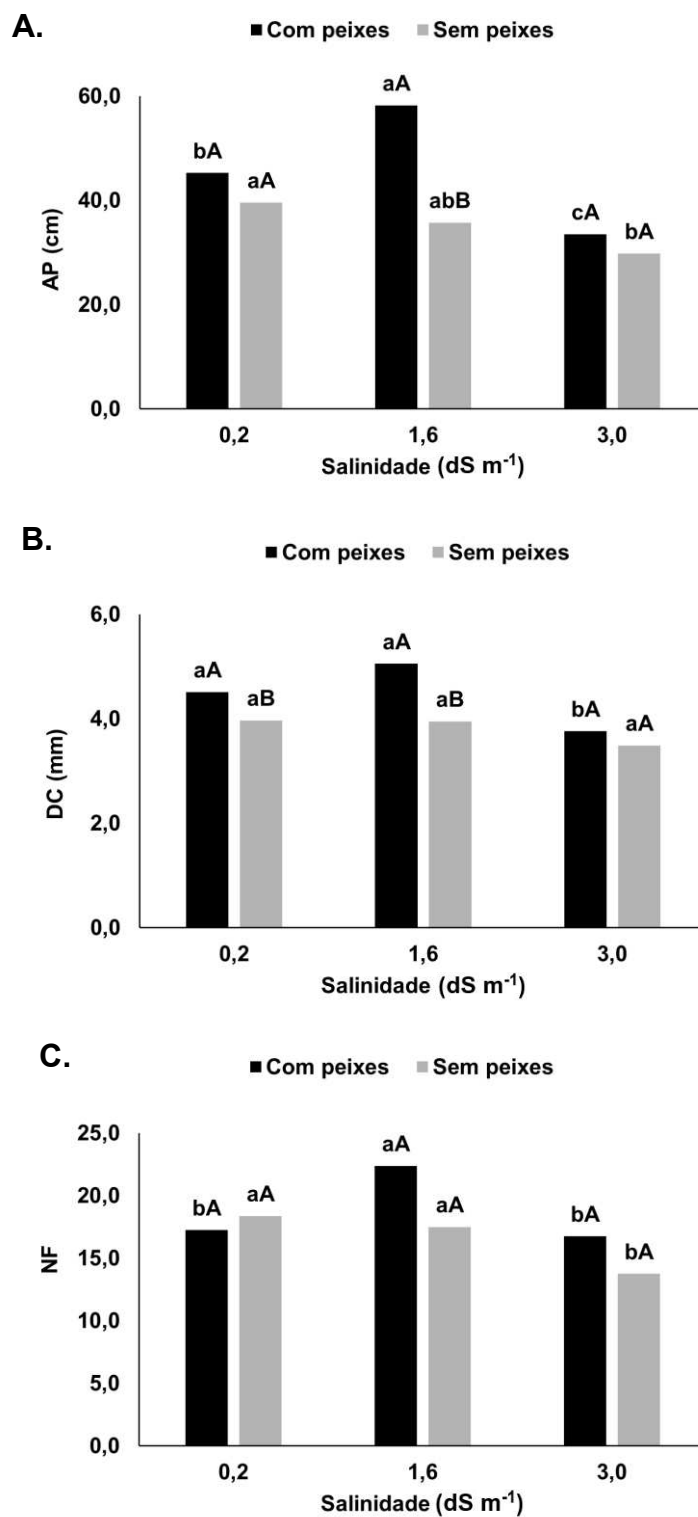
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($\leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$). Médias Seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), considerando-se os efeitos isolados de cada fator

As médias da variável AP (Figura 16) indicam maior desempenho no crescimento inicial das mudas de sabiá quando irrigadas com águas doces e mistura de águas, evidenciando que o aumento da salinidade compromete esse desenvolvimento. Esse resultado está em conformidade com Silva, *et al.* (2009), que demonstraram em seu ensaio que o aumento da salinidade reduz o crescimento das plantas. Além disso, o autor verifica que a irrigação com águas de aproximadamente 2,0 dS m⁻¹ promove um incremento no crescimento das mudas após 120 dias, alcançando altura média de cerca de 140 cm. Essa fase corresponde ao período ótimo

para o transplante ao campo e estabelecimento definitivo das plantas (Ribaski *et al.*, 2003).

Observa-se que os benefícios da integração da aquicultura foram maiores na água com moderada salinidade, com aumento de 48,44%, 20,52% e 30,75% na AP, DC e NF, em relação ao tratamento com água de alta salinidade. Para as demais salinidades não se observou efeito significativo da água da aquicultura sobre essas variáveis.

Figura 16 - Altura de planta (A) Diâmetro do Caule (B) e número de folhas (C) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.



Médias seguidas da mesma letra minúsculas (salinidade) e maiúsculas (Criação de peixes) são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

Ferreira (2023) evidencia o papel do nitrogênio dos resíduos da carcinicultura no desenvolvimento de mudas de sabiá, corroboram os resultados obtidos neste trabalho. Verificou-se que os resíduos da piscicultura também atuaram como fonte de nutrientes, promovendo incremento no crescimento das mudas e reforçando a viabilidade de sistemas integrados para produção vegetal.

Portanto, a integração entre piscicultura e produção de mudas florestais mostra-se uma alternativa promissora para pequenos produtores, pois alia eficiência no uso da água, redução da necessidade de adubação mineral e mitigação dos efeitos da salinidade. Essa estratégia pode representar um avanço significativo para a sustentabilidade da agropecuária no semiárido brasileiro, ampliando a viabilidade econômica e ambiental dos sistemas produtivos que antes poderia causar prejuízos.

6.2 Biomassa

A Tabela 6 apresenta um resumo da análise de variância e comparação de média para os efeitos isolados dos fatores sobre a produção de biomassa da parte aérea e das raízes. É possível observar que houve interação entre os fatores salinidade e criação de peixes para quase todas as variáveis, exceto para a matéria seca das raízes ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$). Já a adubação não influenciou diretamente na produção de biomassa, porém houve interação tripla para MFPA e MST ($p < 0,05$).

Os efeitos isolados de salinidade e reuso da água de peixes foram estatisticamente significativos para todos os parâmetros avaliados, exceto MFR para peixes. Os tratamentos com salinidade de 0,2 e 1,6 dS m⁻¹ apresentaram as maiores médias, sem diferença entre si, enquanto a salinidade de 3,0 dS m⁻¹ resultou nas menores médias, indicando prejuízo ao crescimento. Para o fator peixes, o reuso da água proporcionou maiores valores em quase todos os parâmetros, confirmando efeito positivo sobre o desenvolvimento vegetal

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis de biomassa de Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca da raiz (MSR), Massa fresca total (MFT), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca total (MST) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.

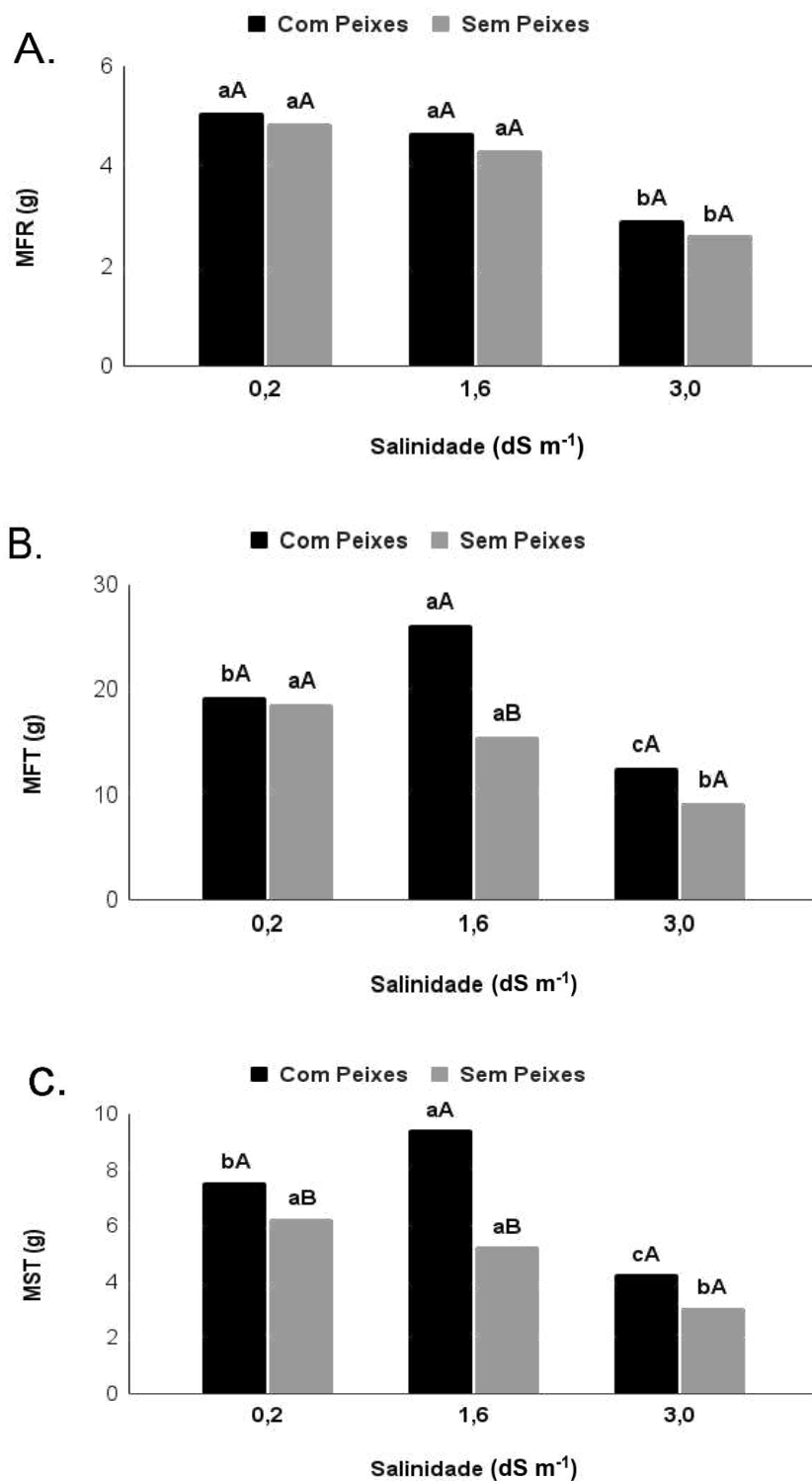
Fonte de Variação	GL	Valor F					
		MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
Salinidade (S)	2	25,9452 **	13,7100 **	22,1118 **	31,5267 **	13,1895 **	25,5780 **
Resíduos (a)	9						
Criação Peixes (CP)	1	24,8523 **	0,6716 ns	19,4448 **	44,5365 **	20,5299 **	52,0616 **
SxCP	2	10,0372 **	0,0098 *	7,0977 *	10,5640 **	2,6672 ns	10,2772 **
Resíduos (b)	9						
Adubação mineral (AM)	1	3,6676 ns	3,3371 ns	4,0873 ns	4,4134 ns	0,4980 ns	4,2805 ns
SxAM	2	2,5869 ns	1,3948 ns	2,5795 ns	2,0628 ns	0,5367 ns	2,1358 ns
CPxAM	1	2,6783 ns	0,6482 ns	1,2959 ns	1,4280 ns	1,6504 ns	0,6494 ns
SxCPxAM	2	3,5812 *	0,1567 ns	2,4224 ns	3,4452 ns	1,3752 ns	3,8021 *
Resíduos (c)	18						
Total	47						
CV (S) (%)		25,94	30,77	26,61	25,16	32,45	26,55
CV (CP) (%)		24,9	30,21	22,71	20,88	20,16	17,77
CV (AM) (%)		29,57	28,29	27,42	28,87	22,94	24,28
Médias							
Salinidade (dS m ⁻¹)		g por planta					
0,2		13,97 a	5,00 a	18,94 a	5,20 a	1,71 a	6,91 a
1,6		16,37 a	4,50 a	20,86 a	5,79 a	1,54 a	7,33 a
3,0		8,13 b	2,76 b	10,90 b	2,74 b	0,93 b	3,67 b
Peixes							
Com reuso		15,12 a	4,22 a	19,34 a	5,50 a	1,57 a	7,07 a
Sem reuso		10,53 b	3,93 a	14,46 b	3,65 b	1,21 b	4,86 b
Adubação							
Com NPK		13,86 a	4,38 a	18,25 a	4,98 a	1,42 a	6,40 a
Sem NPK		11,78 a	3,77 a	15,54 a	4,18 b	1,36 a	5,54 a

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($\leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$). Médias Seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), considerando os efeitos isolados de cada fator

Como abordado, na Figura 17, é possível observar mais nitidamente as médias dessas variáveis com significância para a interação entre salinidade de peixes. a maior variação nesses casos, em comparação com as variáveis de crescimento, foi da salinidade, mudas de sabiá tiveram menor variação entre os tratamentos de com ou sem cultivo de peixes. Os resultados mostram a amenização dos danos sobre a produção de biomassa com o reuso de água de peixes, na salinidade intermediária. Dantas, *et al.* (2019), discorre que plantas de Mulungu (*Erythrina verna*) e Pereiro (*Aspidosperma carapanauba*) há também a redução dos dados de massa seca para

essas espécies com o aumento da salinidade ($6,8 \text{ dS m}^{-1}$), se comparada ao uso da água de abastecimento ($0,1 \text{ dS m}^{-1}$). Focando na produção de biomassa do sabiá, Herculano, *et al.* (2024) traz em consonância a redução dos dados de fitomassa com o uso de águas salobras, mas em alguns casos há a viabilidade do uso dessas águas, como conclui os autores.

Figura 17 – Massa fresca da raiz (A), Massa fresca total (B) e Massa seca da raiz (C) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.



Médias seguidas da mesma letra minúsculas (salinidade) e maiúsculas (Criação de peixes) são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

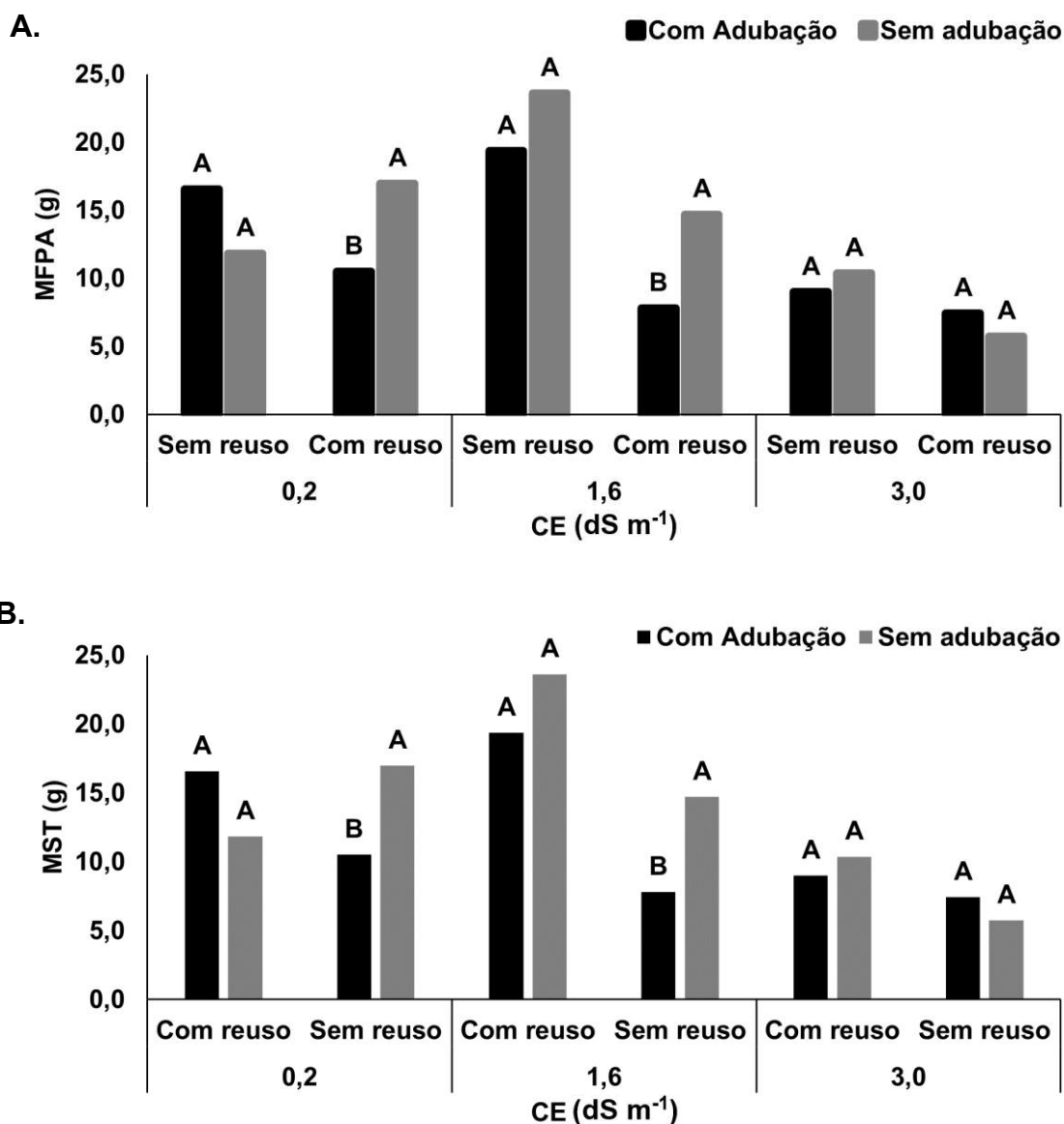
A análise dos resultados para MFT e MST mostra um padrão semelhante ao observado na altura das plantas, evidenciando o significado da interação entre salinidade e criação de peixes. O efeito benéfico do reuso da água de peixes não se manifesta em condições de baixa salinidade, onde ambos os tratamentos apresentam desempenho semelhante, e tampouco em alta salinidade, onde há queda acentuada nos valores independentemente da presença de peixes. No entanto, na salinidade intermediária ($1,6 \text{ dS m}^{-1}$), o reuso da água promoveu ganhos significativos, destacando-se em relação ao tratamento sem peixes.

De forma similar ao deste estudo, Almeida, *et al.* (2017), demonstram claro declínio em todas as variáveis de biomassa seca de mudas *Piptadenia stipulacea*, também da família Fabaceae. O mesmo aspecto é citado por Guimarães, *et al.* (2013), para a massa seca total em plantas jovens de *Erythrina velutina*, espécie integrante da família Fabaceae, onde há diminuição linear da MST dessas plantas em função do aumento da salinidade na água de irrigação.

Os dados de nossa pesquisa se contrapõem aos resultados obtidos por Kimera, *et al.* (2024), que abordam que a medida que se aumenta a proporção de águas de reuso de peixes há a diminuição das variáveis das massas das plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*). Possivelmente os dados não são homogêneos, pelo fato de que mudas e plantas de espécies arbóreas são mais tolerantes e resilientes do que plantas cultivadas (Rorato *et al.*, 2018). Os resultados de nosso estudo permitem identificar efeito benéfico do reuso da aquicultura na salinidade intermediária, e nenhuma intensificação de efeitos negativos da salinidade.

Os resultados apresentados na Figura 18, indicam a influência significativa dos três fatores no desenvolvimento das mudas de sabiá. Com as maiores médias de MFPA foram registradas nas condições com reuso e águas com menores salinidades. A presença da tilápia no sistema de irrigação, atenua os efeitos deletérios da salinidade, especialmente em níveis médios de salinidade dentre os sistemas utilizados ($1,6 \text{ dS/m}^{-1}$).

Figura 18 – Interação entre os fatores salinidade, criação de peixes e adubação mineral para massa fresca da parte aérea (A) e massa seca total (B) de mudas de sabiá.



Médias seguidas da mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

Estudos apontam que a diminuição da biomassa de folhas é reduzida conforme a resposta ao aumento da salinidade em que são cultivadas. Onde, há a redução da transpiração e tamanho da área das folhas (Leite *et al.*, 2017). Em síntese sobre o assunto abordado, Silva, *et al.* (2023) compreende que ao utilizar a irrigação com efluentes de piscicultura pode reduzir os custos com fertilizantes. Os estudos discutidos pelo autor demonstram que a necessidade de adubação é menor em

sistemas integrados, visto que parte dos nutrientes é fornecida pelas águas residuárias.

6.3 Qualidade das mudas

Os efeitos isolados para o Índice de Qualidade de Dickson (IDQ) mostraram diferenças significativas tanto para a salinidade quanto para o fator peixes. Entre os níveis de salinidade, os valores mais altos foram observados em 0,2 e 1,6 dS m⁻¹, que não diferiram entre si, enquanto a salinidade elevada (3,0 dS m⁻¹) apresentou o menor índice, evidenciando prejuízo à qualidade das mudas. No fator peixes, o reuso da água resultou em maior IDQ, diferindo significativamente do tratamento sem reuso, que apresentou valores inferiores (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para a variável qualitativa Índice de qualidade de dickson (IDQ) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.

Fonte de Variação	GL	Valor F IDQ
Salinidade (S)	2	24,9347 **
Resíduos (a)	9	
Criação Peixes (CP)	1	18,9419 **
SxCP	2	1,1792 ns
Resíduos (b)	9	
Adubação mineral (AM)	1	1,0292 ns
SxAM	2	1,1209 ns
CPxAM	1	0,0196 ns
SxCPxAM	2	3,7606 *
Resíduos (c)	18	
Total	47	
CV (S) (%)		21,2
CV (CP) (%)		21,62
CV (AM) (%)		18,42
Médias		
Salinidade (dS m ⁻¹)		
0,2		0,52 a
1,6		0,51 a
3,0		0,31 b
Peixes		
Com reuso		0,51 a
Sem reuso		0,39 b
Adubação		
Com NPK		0,46 a
Sem NPK		0,44 a

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$). Médias Seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), considerando os efeitos isolados de cada fator

O Índice de Qualidade de Mudas (IDQ) é uma ferramenta útil para avaliar o equilíbrio entre a parte aérea e o sistema radicular, refletindo diretamente na capacidade de estabelecimento das plantas em campo (Medeiros *et al.*, 2018). No presente estudo, observou-se uma redução de 40,38% no IDQ das mudas de sabiá sob efeito da salinidade de 3,0 dS m⁻¹, evidenciando o impacto negativo desse estresse abiótico sobre a qualidade das mudas. Porém, nenhum impacto foi observado na salinidade de 1,6 dS m⁻¹.

Observa-se que o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) não sofre redução significativa até a salinidade intermediária de 1,6 dS m⁻¹, mantendo valores semelhantes ao nível mais baixo de salinidade (0,2 dS m⁻¹). Apenas na salinidade elevada (3,0 dS m⁻¹) há queda expressiva, indicando prejuízo à qualidade das mudas.

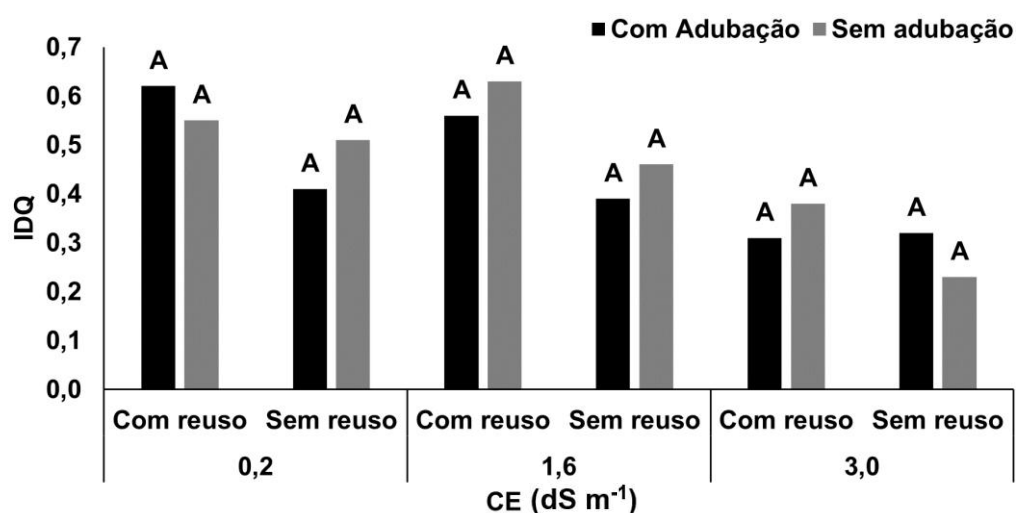
O fator peixes exerce efeito positivo, já que o reuso da água promoveu maior IQD em comparação ao tratamento sem reuso, confirmando que a criação de tilápias melhora a qualidade das mudas. Esses resultados reforçam tanto a tolerância das plantas até níveis moderados de salinidade quanto o benefício do reuso da água de peixes para o desempenho das mudas.

A literatura confirma essa tendência: em mudas de *Talisia esculenta* (pitomba), a condutividades elétrica acima de 4 dS m⁻¹ reduziu o IDQ para valores inferiores a 1, enquanto águas com 1 dS m⁻¹ permitiram alcançar até 2,5 (Melo Filho *et al.*, 2017). Em *Malpighia emarginata* (acerola) também há relatos da queda no IDQ com o aumento da salinidade (Nóbrega *et al.*, 2018).

Estratégias de mitigação têm sido propostas, como o uso de compostos orgânicos nas produções bioassalinas. Nóbrega, *et al.* (2018) demonstraram que o esterco bovino pode melhorar a qualidade das mudas sob condições de alta salinidade. De forma semelhante, o uso de efluentes da aquicultura, ricos em excretas e resíduos alimentares, tem se mostrado eficaz.

Em mudas de *Tabebuia aurea* (ipê amarelo), a irrigação com água contendo até 50% de efluentes de peixes manteve o IDQ próximo ao controle, mesmo com condutividade elétrica de 2,52 dS m⁻¹ (Pinto *et al.*, 2016; Sales *et al.*, 2017). No presente estudo, o uso de água proveniente da criação de tilápias elevou o IDQ em 30,77%, indicando um aporte significativo de nutrientes que contribuiu para a melhoria da qualidade química, física e biológica das mudas de sabiá. Na interação tripla (Figura 19) não apresenta redução significativa até a salinidade intermediária de 1,6 dS m⁻¹, corroborando os resultados de biomassa e fisiologia, que também mostraram manutenção da condutância estomática e da taxa fotossintética nesse nível.

Figura 19 - Interação entre os fatores salinidade, criação de peixes e adubação mineral para Índice de qualidade de Dickson de mudas de sabiá.



Médias seguidas da mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

6.4 Trocas gasosas foliares e índice de clorofila

Os efeitos isolados sobre as variáveis fisiológicas mostraram diferenças claras para salinidade e peixes (Tabela 8). No caso da salinidade, os níveis de 0,2 e 1,6 dS m⁻¹ apresentaram as maiores médias de transpiração, condutância estomática, taxa fotossintética líquida e índice relativo de clorofila, sem diferença entre si, enquanto a salinidade elevada (3,0 dS m⁻¹) resultou nos menores valores, evidenciando forte limitação fisiológica. Já no fator peixes, o reuso da água proporcionou maiores médias em todas as variáveis, diferindo significativamente do tratamento sem reuso, que apresentou desempenho inferior. Assim, fica evidente que a alta salinidade compromete os processos fisiológicos das mudas, enquanto o reuso da água de peixes exerce efeito positivo, favorecendo a atividade fotossintética e a qualidade fisiológica das plantas.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para a taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A) e índice relativo de clorofila (IRC) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.

Fonte de Variação	GL	Valor F			
		E	gs	A	IRC
Salinidade (S)	2	7,2388 *	22,1681 **	36,2237 **	5,5066 *
Resíduos (a)	9				
Criação Peixes (CP)	1	4,7114 ns	1,2364 ns	0,0592 ns	0,1927 ns
SxCP	2	1,0192 ns	1,3763 ns	0,6450 ns	0,1397 ns
Resíduos (b)	9				
Adubação mineral (AM)	1	2,1529 ns	5,4044 *	0,2133 ns	0,4799 ns
SxAM	2	0,9230 ns	2,1181 ns	0,2540 ns	1,0937 ns
CPxAM	1	0,0941 ns	0,2878 ns	2,4819 ns	0,3430 ns
SxCPxAM	2	0,6451 ns	0,7727 ns	0,8135 ns	3,1185 ns
Resíduos (c)	18				
Total	47				
CV (S) (%)		18,94	31,4	12,44	17,49
CV (CP) (%)		15,31	45,14	15,69	11,32
CV (AM) (%)		13,76	31,48	21,87	13,38
Médias					
Salinidade (dS m ⁻¹)		(mmol m ⁻² s ⁻¹)	(mol m ⁻² s ⁻¹)	(μmol m ⁻² s ⁻¹)	
0,2		5,90 a	0,88 a	34,94 a	15,38 a
1,6		5,52 ab	0,60 b	33,24 ab	13,91 a
3,0		4,58 b	0,39 c	28,55 b	10,54 b
Peixes					
Com reuso		5,08 a	0,57 a	32,48 a	13,20 a
Sem reuso		5,89 a	0,66 a	32,01 a	13,35 a
Adubação					
Com NPK		5,18 a	0,55 b	32,68 a	13,08 a
Sem NPK		5,48 a	0,68 a	31,81 a	13,47 a

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$). Médias Seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), considerando os efeitos isolados de cada fator

Plantas de sabiá submetidas a condição de estresse salino reduziram suas taxas de fotossíntese, transpiração, condutância e clorofila. O acúmulo de sais no solo é o principal fator de estresse deste caso, ao momento que há a acumulação há o surgimento do estresse para a planta. Principalmente pelo aumento da pressão osmótica, onde há a redução na absorção de água pela planta, conduzindo o desequilíbrio hídrico, como, por exemplo, ao observar mudas de coqueiro anão, que já possui resistência natural a salinidade, expressa diminuição das variáveis fisiológicas ao passar de 0,9 para 5,0 dS m⁻¹ na água de irrigação (Lima, 2014).

Corroborando com os dados de biomassa, os resultados fisiológicos reforçam que não há efeito negativo da salinidade até $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ sobre a condutância estomática e a taxa fotossintética líquida, mantendo valores semelhantes ao nível mais baixo de salinidade. A redução significativa só ocorre na salinidade elevada ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), evidenciando limitação fisiológica. Além disso, o fator peixes mostrou efeito positivo, com maiores médias em todas as variáveis quando houve reuso da água, em comparação ao tratamento sem reuso.

No índice relativo de clorofila nas amostras desta pesquisa apresentou comportamento semelhante, com redução de 18,05% quando comparada a irrigação com água doce e salobra. Em validação, Ferreira, *et al.* (2021) observaram em mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Catanduva), espécie da mesma família do sabiá, Fabaceae, há diminuição da taxa fotossintética sob elevada salinidade, atribuída ao efeito osmótico nos cloroplastos, que compromete o funcionamento fotossintético.

Quanto à condutância estomática, verificou-se redução de 22,37% em relação a água de baixa salinidade para a de alta salinidade. Resultados semelhantes foram relatados por Lima, *et al.* (2022) em plantas de maracujá sob estresse salino. Esse efeito decorre do fechamento dos estômatos foliares, que limita a entrada de CO_2 e, conseqüentemente, prejudica o processo fotossintético (Melo *et al.*, 2017).

6.5 Teores foliares de macro e micronutrientes

Os efeitos isolados sobre os teores foliares de nutrientes mostraram significância estatística para salinidade apenas no fósforo (P), com valores maiores em $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ e menores em $1,6$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, que não diferiram entre si (Tabela 9). Já para o fator peixes, houve efeito positivo em praticamente todos os nutrientes: os teores de N, P, K, Ca e Mg foram significativamente maiores com o reuso da água, enquanto o tratamento sem reuso apresentou os menores valores. Assim, os dados indicam que a salinidade afeta pontualmente o fósforo, enquanto o reuso da água de peixes melhora amplamente a absorção de nutrientes pelas mudas.

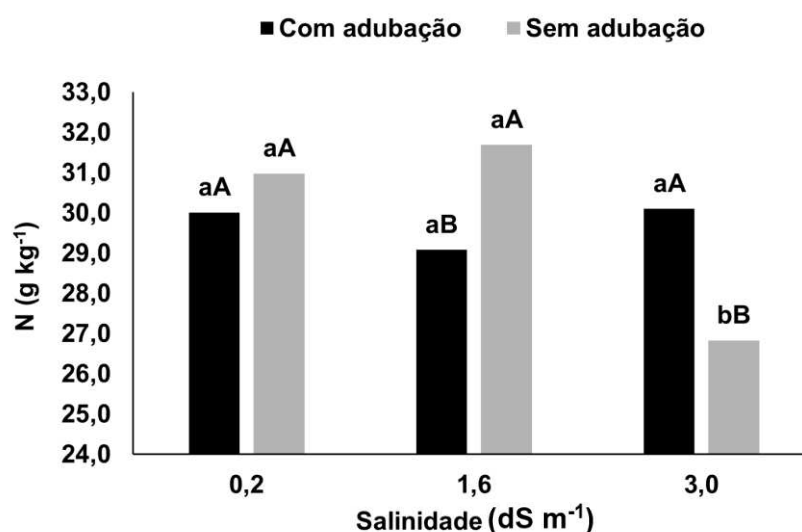
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.

Fonte de Variação	GL	Valor F					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Salinidade (S)	2	1,8286 ns	6,4834 *	1,0704 ns	1,0968 ns	4,1087 ns	3,1301 ns
Resíduos (a)	9						
Criação Peixes (CP)	1	31,2302 **	5,2920 *	13,7476 **	9,8854 *	51,8701 **	5,0909 ns
SxCP	2	3,8574 ns	4,2649 *	0,5705 ns	0,3662 ns	2,2154 ns	1,6039 ns
Resíduos (b)	9						
Adubação mineral (AM)	1	0,0865 ns	3,2827 ns	7,0273 *	0,1601 ns	2,7373 ns	0,1333 ns
SxAM	2	9,3790 **	1,8301 ns	0,3302 ns	0,8065 ns	0,8058 ns	1,2333 ns
CPxAM	1	4,2879 ns	0,6164 ns	4,3184 ns	0,6099 ns	1,1248 ns	0,0000 **
SxCPxAM	2	0,8624 ns	1,0951 ns	0,2573 ns	0,3078 ns	0,1516 ns	0,5444 ns
Resíduos (c)	18						
Total	47						
CV (S) (%)		8,76	19,23	18,09	20,24	18,3	35,17
CV (CP) (%)		9,71	14,49	24,34	21,24	22,12	36,12
CV (AM) (%)		7,71	17,25	19,16	21,04	21,1	47,83
Médias							
Salinidade (dS m ⁻¹)		g kg ⁻¹					
0,2		30,5 a	3,20 a	1,20 a	1,80 a	2,90 a	0,50 a
1,6		30,4 a	2,60 b	1,21 a	1,66 a	3,40 a	0,40 a
3,0		28,9 a	2,60 b	1,30 a	1,83 a	3,40 a	0,90 a
Peixes							
Com reuso		32,3 a	2,90 a	1,40 a	1,94 a	4,00 a	0,60 a
Sem reuso		27,6 b	2,60 b	1,08 b	1,60 b	2,50 b	0,40 a
Adubação							
Com NPK		29,8 a	2,60 a	1,15 b	1,74 a	3,10 a	0,50 a
Sem NPK		30,0 a	2,90 a	1,33 a	1,79 a	3,40 a	0,50 a

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$). Médias Seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), considerando os efeitos isolados de cada fator

Sobre os teores de nitrogênio nas mudas (Figura 20), houve influencia tanto pela água de irrigação quanto pela adubação das mudas, consta-se que em salinidades mais baixas, as médias se mantiveram estáveis. Quando se observa a mais alta salinidade do estudo, há uma redução de 13,5%, evidenciando que a condutividade elétrica da água compromete a absorção dos nutrientes pela planta, o que pode ser superado pela adubação.

Figura 20 – Teores de nitrogénio (N) em folhas de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica e adubação mineral.



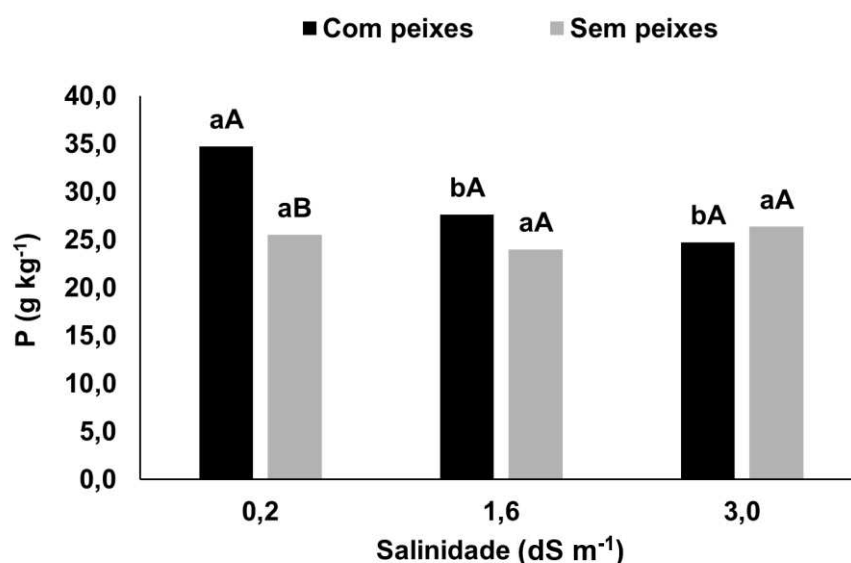
Médias seguidas da mesma letra minúsculas (salinidade) e maiúsculas (adubação mineral) são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

Pesquisas demonstram que o estresse salino, compromete o crescimento das plantas através, também, da sua absorção de nutrientes, com o resultado entre a interação de ânions e cátions. Com o excesso de sais, há o favorecimento do acúmulo de sódio e cloreto, reduzindo assim, a absorção de nitrogênio pelas células vegetais (Corrado *et al.*, 2020; Loudari *et al.*, 2020). Entretanto, o aporte nutricional, pode ser um fator decisivo no que tange a mitigação desses efeitos, principalmente em relação ao N, como abordado por Ferreira (2023).

Os teores foliares de P, obteve uma diferença estatística de 18,75% no tratamento com água doce, para a água de mistura e salobra (Figura 21). Contraponto esse dado, em plantas de beringela, Oliveira, *et al.* (2011) aponta que não houve redução do fósforo nas folhas dessas plantas, com o aumento da salinidade da água de irrigação. No caso apresentado nessa pesquisa, o teor de P nas folhas, tem a possibilidade de haver sido impactado pela sensibilidade dos sabiá a salinidade da água de irrigação.

Figura 21 – Teores de fósforo (P) em folhas de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.



Médias seguidas da mesma letra minúsculas (salinidade) e maiúsculas (Criação de peixes) são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

Dey, *et al.* (2021) destacam que compostos orgânicos, como biofertilizantes, podem atenuar deficiências nutricionais em plantas sob estresse. De forma semelhante, nesta pesquisa verificou-se que o uso de águas provenientes da piscicultura elevou o conteúdo de fósforo nas mudas de sabiá irrigadas com baixa salinidade. Contudo, em níveis mais elevados de salinidade não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que o efeito positivo dos resíduos da produção de peixes é limitado pela intensidade do estresse salino.

Os resultados nutricionais evidenciam que a salinidade exerce pouco efeito sobre a nutrição das mudas, já que a maioria dos nutrientes avaliados não apresentou diferenças significativas entre os níveis de condutividade elétrica, com exceção de variações pontuais. Em contrapartida, o fator peixes mostrou impacto positivo consistente: o reuso da água elevou os teores foliares de macro e micronutrientes, indicando melhor absorção e disponibilidade nutricional. Assim, fica claro que, independentemente da salinidade, a integração com a aquicultura favorece a nutrição das mudas, reforçando o papel benéfico do sistema integrado para a qualidade fisiológica e nutricional das plantas.

Os efeitos isolados sobre os teores foliares de micronutrientes mostraram significância estatística para salinidade apenas no zinco com valores mais altos em $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e mais baixos em $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto os demais micronutrientes não foram afetados (Tabela 10). Já o fator peixes apresentou efeito positivo em todos os micronutrientes, com maiores teores de B, Zn, Fe, Mn e Cu no tratamento com reuso da água, em comparação ao sem reuso, que apresentou os menores valores. Assim, os dados indicam que a salinidade tem efeito pontual, enquanto o reuso da água de peixes melhora amplamente a absorção de micronutrientes pelas mudas.

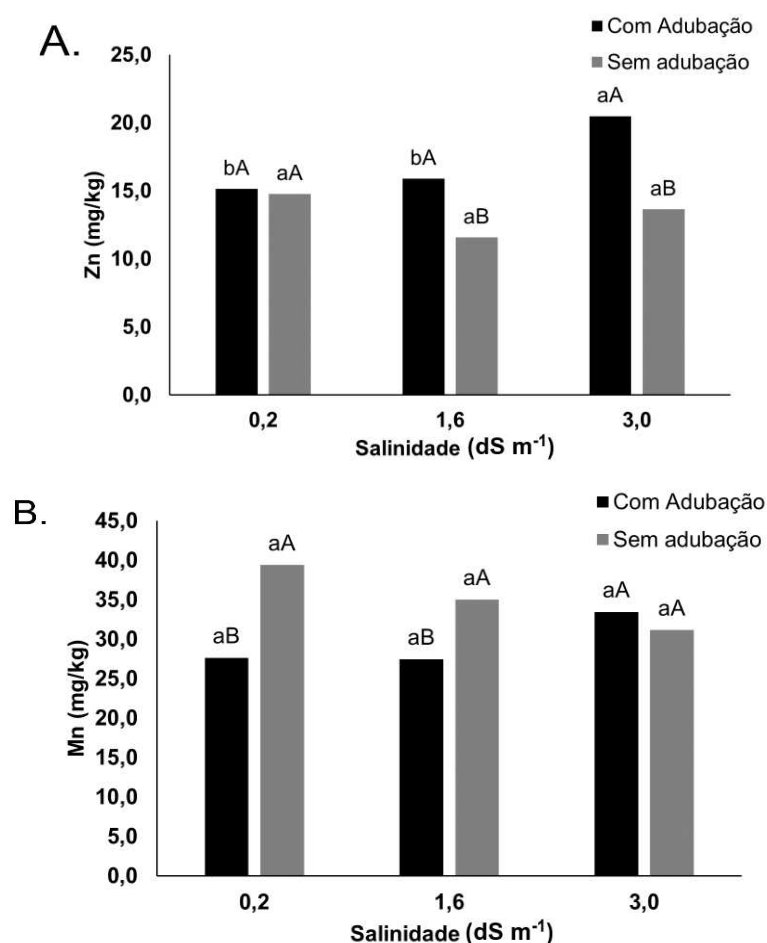
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis nutricionais (micronutrientes), boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias e presença e ausência de adubação mineral.

Fonte de Variação	GL	Valor F				
		B	Zn	Fe	Mn	Cu
Salinidade (S)	2	3,8123 ns	6,2155 *	0,1912 ns	0,5360 ns	5,8448 *
Resíduos (a)	9					
Criação Peixes (CP)	1	18,3529 **	7,9030 *	1,5239 ns	21,9841 **	11,1176 **
SxCP	2	3,4767 ns	0,7811 ns	0,0093 *	1,1522 ns	8,2437 **
Resíduos (b)	9					
Adubação mineral (AM)	1	0,4502 ns	22,4807 **	0,5612 ns	7,5855 *	9,5628 **
SxA	2	0,6961 ns	5,3712 *	2,4585 ns	4,1052 *	1,7446 ns
CPxAM	1	0,9263 ns	2,7198 ns	1,0681 ns	0,0410 ns	3,6407 ns
SxCPxAM	2	1,1256 ns	0,0883 ns	0,5705 ns	0,6657 ns	1,5108 ns
Resíduos (c)	18					
Total	47					
CV (S) (%)		15,72	17,65	16,11	19,29	32,91
CV (CP) (%)		19,21	20,57	24,34	27,04	13,43
CV (AM) (%)		17,39	18,39	17,56	22,04	32,4
Salinidade (dS m ⁻¹)				mg kg ⁻¹		
0,2		46,88 a	14,94 ab	150,75 a	33,50 a	2,63 b
1,6		46,77 a	13,72 b	147,53 a	31,22 a	3,63 ab
3,0		53,34 a	17,03 a	152,78 a	32,28 a	3,91 a
Peixes						
Com reuso		54,82 a	16,50 a	156,88 a	38,25 a	3,60 a
Sem reuso		43,16 b	13,96 b	143,83 a	26,42 b	3,17 b
Adubação						
Com NPK		48,17 a	13,31 b	147,50 a	35,17 a	2,90 b
Sem NPK		49,82 a	17,15 a	153,21 a	29,50 b	3,86 a

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$). Médias Seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), considerando os efeitos isolados de cada fator

No Zinco (Figura 22) houve diferença significativa entre os níveis de salinidade, com maior concentração em 0,2 dS m⁻¹ sem adubação, indicando que a salinidade elevada compromete a absorção de Zn. A adubação mineral não apresentou efeito consistente, já que em alguns níveis (1,6 e 3,0 dS m⁻¹) os valores foram semelhantes entre os tratamentos. Isso sugere que o Zn é sensível ao aumento da condutividade elétrica, mas pouco responsivo à adubação mineral em condições de estresse salino

Figura 22 – Teores Zinco (A) e Manganês (B) de mudas de sabiá em função da salinidade da fonte hídrica, com e sem cultivo de tilápias.



Médias seguidas da mesma letra minúsculas (salinidade) e maiúsculas (adubação mineral) são iguais entre si pelo teste de Tukey, $p > 0,05$.

Fonte: Autor (2025).

Os resultados mostram menor variação entre os níveis de salinidade, indicando que o Mn apresenta maior estabilidade frente ao estresse salino. A adubação mineral influenciou em baixa e média salinidade (0,2 e 1,6 dS m⁻¹), mas não em 3,0 dS m⁻¹, sugerindo que em condições extremas o efeito da fertilização é limitado. A adubação mineral contribui em condições de baixa e média salinidade, mas não consegue compensar os efeitos negativos em níveis elevados. Esses achados estão em consonância com Shao, *et al.* (2023), que destacam o papel do Zn na tolerância ao estresse salino, e com Hussain, *et al.* (2018), que ressaltam que micronutrientes como Zn e Mn são fundamentais para reduzir os impactos da salinidade sobre o metabolismo vegetal.

Houve um aumento de 18,19% das concentrações foliares de Boro, 44,8% para o Manganês e 13,6% no que se refere ao Cobre, com o uso de água provenientes da criação de peixes, para a água sem criação. Podendo assim, representar uma melhor eficiência do reuso dessas águas para acúmulo desses nutrientes. Podendo assim ajudar na eficiência de certos processos fisiológicos e crescimento da planta, como abordado por Franco Júnior, *et al.* (2024) com o acúmulo de boro na planta há um melhor resultado no desenvolvimento radicular.

Como já observado por Pinto, *et al.* (2016) e Sales, *et al.* (2017) em sistemas com reuso de águas de peixes, há o incremento de nutrientes quando se reusa águas de piscicultura. Destaca-se assim, que o incremento de nutrientes, através dessas estratégias, pode-se promover a suplementação nutricional dessas mudas.

7 CONCLUSÕES

A produção integrada de aquicultura e produção de mudas de espécies florestais nativas da Caatinga, em sistema automatizado, é eficiente, principalmente no que tange às variáveis de crescimento e qualidade das mudas de sabiá, principalmente para valores moderados de salinidade.

A utilização de águas em mistura de diferentes concentrações de sais é uma estratégia viável para substituir o uso de águas doces, quanto essas não estão disponíveis, na produção integrada de peixes e de mudas de sabiá.

A irrigação de mudas de sabiá em maiores com água a fonte hídrica de concentrações (3,0 dS/m) é um fator limitante de para o crescimento, produção de biomassa, índices qualitativos e índices fisiológicos.

Os resultados mostram que a mistura de águas salobra e doces, integrada à aquicultura, pode ser uma alternativa para produção de mudas de espécies florestais da Caatinga, ampliando as possibilidades de renda no meio rural. Entretanto, é preciso melhor adequação do manejo e da densidade de peixes para se ter resultados mais promissores em relação à produção de tilápias, possibilitando maior retorno econômicos para os produtores.

REFERÊNCIAS

- ADERALDO, F. Í. C.; BRAGA, J. D. F.; FERREIRA, G. D. S.; COSTA, F. R. D. S.; BRITO, P. O. B. D.; GONDIM, F. A. Combined effects of drought and salinity on growth of mulungu plants (*Erythrina Velutina* Wild). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 2732–2740, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-181>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/17321/14074>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- ALMEIDA, J. P. N. D.; FREITAS, R. M. O. D.; NOGUEIRA, N. W.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; FERREIRA, H.; LEITE, M. D. S. Production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 386–391, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n6p386-391>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000600386&lng=en&tlng=en. Acesso em: 27 ago. 2025.
- AMARAL, K. D. S.; NAVONI, J. A. Desalination in rural communities of the Brazilian semi-arid region: Potential use of brackish concentrate in local productive activities. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 169, p. 61–70, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.10.040>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957582022009053>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ANTAS, R. N.; MENDONÇA, L. F. D. M.; SILVA, J. D. N.; GUIMARÃES, A. G. C.; ARAÚJO, L. D. M.; FREIRE, A. L. D. O.; MEDEIROS, J. C. G. D.; LUCENA, J. V. P. D. Production of *Mimosa caesalpinifolia* benth seedlings using a water-absorbing polymer and different water regimes. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 37, p. e12314, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3712314rc>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252024000100282&tlng=en. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ARAÚJO, J. K. P. D.; ARAÚJO, J. S. O. D.; SANTOS, D. F. D.; PACHECO, M. V.; ARAUJO, P. C. D. Seminiferous Propagation of *Cordia Oncocalyx* (allemão) Baill. and Biometric Characterization of Diaspores and Seeds. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 160–169, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n116rc>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252022000100160&tlng=en. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ARSHAD, M.; AWAIS, M.; BASHIR, R.; AHMAD, S. R.; ANWAR-UL-HAQ, M.; SENOUSY, H. H.; IFTIKHAR, M.; ANJUM, M. U.; RAMZAN, S.; ALHARBI, S. A.; BÁREK, V.; BRESTIC, M.; NOMAN, A. Assessment of wheat productivity responses and soil health dynamics under brackish ground water. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 793–803, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.017>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1319562X21009815>. Acesso em: 8 abr. 2025.

BAATH, G. S.; K. SHUKLA, M.; BOSLAND, P. W.; WALKER, S. J.; SAINI, R. K.; SHAW, R. Water Use and Yield Responses of Chile Pepper Cultivars Irrigated with Brackish Groundwater and Reverse Osmosis Concentrate. **Horticulturae**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 27, 6 maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae6020027>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/6/2/27>. Acesso em: 8 abr. 2025.

BANNOR, R. K.; OPPONG-KYEREMEH, H.; ABELE, S.; OSEI TUTU, F.; CHAA KYIRE, S. K.; AGYINA, D. Seedling production and choice among cashew farmers in Ghana: a profitability analysis. **World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 109–129, 12 abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/WJEMSD-11-2019-0089>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/WJEMSD-11-2019-0089/full/html>. Acesso em: 21 fev. 2025.

BESSA, M. C.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; LIMA, A. D. Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 48, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170018>. Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1806-6690.20170018>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BETTS, M. G.; PHALAN, B. T.; WOLF, C.; BAKER, S. C.; MESSIER, C.; PUETTMANN, K. J.; GREEN, R.; HARRIS, S. H.; EDWARDS, D. P.; LINDENMAYER, D. B.; BALMFORD, A. Producing wood at least cost to biodiversity: integrating Triad and sharing-sparing approaches to inform forest landscape management. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 96, n. 4, p. 1301–1317, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12703>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12703>. Acesso em: 28 fev. 2025.

BIELUCZYK, W.; PICCOLO, M. D. C.; PEREIRA, M. G.; MORAES, M. T. D.; SOLTANGHEISI, A.; BERNARDI, A. C. D. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; OLIVEIRA, P. P. A.; MOREIRA, M. Z.; CAMARGO, P. B. D.; DIAS, C. T. D. S.; BATISTA, I.; CHERUBIN, M. R. Integrated farming systems influence soil organic matter dynamics in southeastern Brazil. **Geoderma**, [s. l.], v. 371, p. 114368, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114368>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016706119313965>. Acesso em: 27 mar. 2025.

BRANCALION, P. H. S.; CHAZDON, R. L. Beyond hectares: four principles to guide reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration. **Restoration Ecology**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 491–496, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12519>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12519>. Acesso em: 28 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. [s. l.]. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.711.htm.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá

outras providências. [s. l.]. 2005. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf.

BUENO, M. M.; LELES, P. S. D. S.; GONÇALVES ABREU, J. F. D. S.; SANTOS, J. J. S. dos; CARVALHO, D. F. de. Water requirement and growth indicators of forest tree species seedlings produced with automated irrigation management. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 15, n. 11, p. e0238677, 2 nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238677>. Disponível em: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0238677>. Acesso em: 28 fev. 2025.

CAÑEDO-ARGÜELLES, M. A review of recent advances and future challenges in freshwater salinization. **Limnetica**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 185–211, 15 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.23818/limn.39.13>. Disponível em: <https://limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-39-1-13.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2025.

CARVALHO, P. E. R. **Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo, PR: [S.n.], 2006. 479–482 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/publicacoes/especies-arboreas-brasileiras>. Acesso em: 28 set. 2025.

CAVALCANTE JÚNIOR, R. G.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. D.; AZEVEDO FILHO, F. R. D. Sustainable Groundwater Exploitation Aiming at the Reduction of Water Vulnerability in the Brazilian Semi-Arid Region. **Energies**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 904, 8 mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12050904>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/5/904>. Acesso em: 8 abr. 2025.

CORRADO, G.; LUCINI, L.; MIRAS-MORENO, B.; CHIAIESE, P.; COLLA, G.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Metabolic Insights into the Anion-Anion Antagonism in Sweet Basil: Effects of Different Nitrate/Chloride Ratios in the Nutrient Solution. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 21, n. 7, p. 2482, 3 abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21072482>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/7/2482>. Acesso em: 6 fev. 2026.

COSTA, E.; RODRIGUES, E. T.; ALVES, V. B.; SANTOS, L. C. R. D.; VIEIRA, L. C. R. Efeitos da ambiência, recipientes e substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro-amarelo em Aquidauana - MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 236–244, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000100033>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452009000100033&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 14 abr. 2025.

COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O. D.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D. D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 150–155, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p150-155>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000300150&lng=en&tlng=en. Acesso em: 8 abr. 2025.

CUNHA, L. D. S.; RIBEIRO, L. L. O.; MONFORT, L. E. F.; PEREIRA, W. C.; ARAÚJO, F. D. C. B. D.; ABADE, M. T. R. Main Obstacles in the Production of Citrus Seedlings in Santa Luzia do Induá, Capitão Poço/Pa-Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, [s. l.], p. 1–8, 28 jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v38i230296>. Disponível em: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/1488>. Acesso em: 19 fev. 2025.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, R. C.; OLIVEIRA, G. M. D.; SILVA, F. F. S. D.; ARAÚJO, G. G. L. D. Biosaline production of seedlings of native species from the Caatinga dry forest. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 1551–1567, 10 dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831221>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/31221>. Acesso em: 27 set. 2025.

DEY, G.; BANERJEE, P.; SHARMA, R. K.; MAITY, J. P.; ETESAMI, H.; SHAW, A. K.; HUANG, Y.-H.; HUANG, H.-B.; CHEN, C.-Y. Management of Phosphorus in Salinity-Stressed Agriculture for Sustainable Crop Production by Salt-Tolerant Phosphate-Solubilizing Bacteria—A Review. **Agronomy**, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 1552, 3 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081552>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1552>. Acesso em: 14 out. 2025.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and White pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 10–13, 1960.

DONG, Y.; ZHANG, J.; CHEN, R.; ZHONG, L.; LIN, X.; FENG, Y. Microbial Community Composition and Activity in Saline Soils of Coastal Agro-Ecosystems. **Microorganisms**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 835, 18 abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040835>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/10/4/835>. Acesso em: 8 abr. 2025.

EMBRAPA. Sabiá - Portal Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/flora/madeireiras/sabia>. Acesso em: 28 set. 2025.

FEITOSA, A. C.; RUFINO, D. C.; PEDROSA, E. C.; BARBOZA, I. da R.; RUBIM, P. R. dos S. Indicadores Socioambientais do Clima Semiárido No Leste Maranhense. **Revista Territorium Terram**, [s. l.], v. 7, n. 12, p. 414–430, 1 maio 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12674088>. Disponível em: https://periodicos.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5421. Acesso em: 22 abr. 2025.

FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M. D.; CARVALHO, M. A. C. D.; YAMASHITA, O. M. Water and Salt Stresses on Germination of Cowpea (*Vigna Unguiculata* Cv. Brs Tumucumaque) Seeds. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 1009–1016, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n422rc>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252017000401009&lng=en&tlng=en. Acesso em: 8 abr. 2025.

FERREIRA, A. D. S.; LEAL, C. C. P.; GUIRRA, B. D. S.; TORRES, S. B.; PORCEDDU, M.; BACCHETTA, G. Production of *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.)

Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) seedlings irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 182–188, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n3p182-188>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662021000300182&tlng=en. Acesso em: 27 ago. 2025.

FERREIRA, T. A. **Resposta da Mimosa caesalpiniaefolia Ao Substrato Enriquecido Com Resíduo da Carcinicultura Oligohalina**. 2023. 39 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/78065/3/2023_tcc_tferreira.pdf. Acesso em: 26 ago. 2025.

FOLEFACK, D. P.; NJANKOUO, A. N.; DONGMO, S. M.; FON, D. E. Evaluation and performance (production and marketing system) of improved seedlings of fruit trees in n=Njombé-Penja. **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology**, [s. l.], p. 1–13, 8 mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajaees/2022/v40i430864>. Disponível em: <https://journalajaees.com/index.php/AJAEES/article/view/1383>. Acesso em: 21 fev. 2025.

FRAGOSO, E. J. N.; COELHO, P. B.; SOUZA, P. D. L.; NETO, A. F.; SANTIAGO, A. M. D. S.; PACHECO, C. S. G. R.; MELO, R. A. D. Agroecology and family farming: A perspective of sustainability in the brazilian Semiarid region. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, [s. l.], v. 7, n. 12, p. 138–145, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijaers.712.20>. Disponível em: <https://ijaers.com/detail/agroecology-and-family-farming-a-perspective-of-sustainability-in-the-brazilian-semiarid-region/>. Acesso em: 18 fev. 2025.

FRANCO JÚNIOR, K. S.; DIAS, M. D. S.; FERREIRA, L.; PEREIRA, A. C.; ALMEIDA, S. R.; SILVA, A. A.; CAIXETA, E. A. Potencial do Fosbio® para construção dos níveis de fósforo e boro em sistema de produção. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. e5213144741, 12 jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i1.44741>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/44741>. Acesso em: 14 out. 2025.

FREIRE, J. M.; ROMANO, I. S.; SOUZA, M. V. dos S. C. de; GAROFOLO, A. C. S.; SILVEIRA FILHO, T. B. Forest Seedlings Supply for Restoration of the Atlantic Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. e20210058, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-floram-2021-0058>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872022000300309&tlng=en. Acesso em: 19 fev. 2025.

FREITAS, V. S.; MARQUES, E. C.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 34, n. 6Supl1, p. 3341, 6 dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3341>. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/12327>. Acesso em: 8 abr. 2025.

GHEYI, H. R.; SANDHU, D.; LACERDA, C. F. Fields of the Future: Pivotal Role of Biosaline Agriculture in Farming. **Agriculture**, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 1774, n. 9, set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13091774>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/9/1774>. Acesso em: 7 abr. 2025.

GODDEK, S.; KEESMAN, K. J. Improving Nutrient and Water use Efficiencies in Multi-Loop Aquaponics Systems. **Aquaculture International**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 2481–2490, dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00600-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10499-020-00600-6>. Acesso em: 27 mar. 2025.

GUGULOTHU, S.; SUBBARAO, N.; DAS, R.; DHAKATE, R. Geochemical evaluation of groundwater and suitability of groundwater quality for irrigation purpose in an agricultural region of South India. **Applied Water Science**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 142, jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01583-w>. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s13201-022-01583-w>. Acesso em: 24 abr. 2025.

GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, F. N.; VIEIRA, F. E. R.; TORRES, S. B. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 137–142, 28 mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2360>. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v8i1a2360. Acesso em: 27 set. 2025.

HASSANLI, M.; EBRAHIMIAN, H. Cyclic use of saline and non-saline water to increase water use efficiency and soil sustainability on drip irrigated maize in a semi-arid region. **Spanish Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. e1204, 20 jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2016144-9238>. Disponível em: <https://sjar.revistas.csic.es/index.php/sjar/article/view/9238>. Acesso em: 13 abr. 2025.

HERCULANO, É. V. de A.; SILVA, V. F.; BORGES, I. M. S.; FIRMINO, L. de Q. Cultivo de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), Espécie Florestal da Caatinga, Sob Diferentes Qualidades de Água e Níveis de Irrigação. **Journal Of Ecoinnovation And Environmental Management**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 30–44, dez. 2024. Disponível em: <https://www.editoraverde.org/portal/revistas/index.php/ecoin/article/download/337/467>. Acesso em: 26 ago. 2025.

HUA, F.; BRUIJNZEEL, L. A.; MELI, P.; MARTIN, P. A.; ZHANG, J.; NAKAGAWA, S.; MIAO, X.; WANG, W.; MCEVOY, C.; PEÑA-ARANCIBIA, J. L.; BRANCALION, P. H. S.; SMITH, P.; EDWARDS, D. P.; BALMFORD, A. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. **Science**, [s. l.], v. 376, n. 6595, p. 839–844, 20 maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abl4649>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abl4649>. Acesso em: 28 fev. 2025.

HUSSAIN, S.; KHALID, M. F.; HUSSAIN, M.; ALI, M. A.; NAWAZ, A.; ZAKIR, I.; FATIMA, Z.; AHMAD, S. Role of Micronutrients in Salt Stress Tolerance to Plants. *In*:

HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M.; OKU, H.; NAHAR, K.; HAWRYLAK-NOWAK, B. (org.). **Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance**. Singapore: Springer Singapore, 2018. p. 363–376. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_15. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-9044-8_15. Acesso em: 10 fev. 2026.

IBGE. Malha Municipal. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 12 set. 2025.

IPECE, I. de P. e E. E. do C. Perfil Municipal. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. 2025. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

JARAMILLO, M.; RESTREPO, I. Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 10, p. 1734, 11 out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9101734>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/10/1734>. Acesso em: 27 mar. 2025.

KAMAL, A.; AHMAD, F. Sorghum: Role and Responses Under Abiotic Stress. In: ABDEL LATEF, A. A. H. (org.). **Sustainable Remedies for Abiotic Stress in Cereals**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 107–124. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-5121-3_5. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-981-19-5121-3_5. Acesso em: 13 out. 2025.

KIMERA, F.; MUGWANYA, M.; DAWOOD, M.; SEWILAM, H. Growth Response of Kale (brassica Oleracea) and Nile Tilapia (oreochromis Niloticus) Under Saline Aqua-Sandponics-Vegeticulture System. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 2427, 10 fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29509-9>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-29509-9>. Acesso em: 6 abr. 2025.

KIMERA, F.; MUGWANYA, M.; MADKOUR, K.; DAWOOD, M. A. O.; SEWILAM, H. Maximization of brackish water productivity for the sustainable production of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) and grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivated under an integrated aquaculture–agriculture system. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 31, n. 22, p. 31878–31895, 19 abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33216-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11356-024-33216-x>. Acesso em: 31 jan. 2025.

LARA, C. S.; COSTA, C. R.; SAMPAIO, P. D. T. B. O mercado de sementes e mudas de pau-rosa (*Aniba* spp.) no Estado do Amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 59, n. 3, p. e221035, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.221035>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032021000300201&tlng=pt. Acesso em: 8 abr. 2025.

LEITE, T. D. S.; FREITAS, R. M. O. D.; NOGUEIRA, N. W.; FERREIRA, H.; LEITE, M. D. S. Growth and quality of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos seedlings irrigated with saline fish effluent. **Australian Journal of Crop Science**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 1457–1461, 20 nov. 2017. DOI:

<https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.11.pne620>. Disponível em:
http://www.cropj.com/leite_11_11_2017_1457_1461.pdf. Acesso em: 2 fev. 2026.

LESSA, C. I. N.; LACERDA, C. F. de; CAJAZEIRAS, C. C. D. A.; NEVES, A. L. R.; LOPES, F. B.; SILVA, A. O. D.; SOUSA, H. C.; GHEYI, H. R.; NOGUEIRA, R. D. S.; LIMA, S. C. R. V.; COSTA, R. N. T.; SOUSA, G. G. D. Potential of Brackish Groundwater for Different Biosaline Agriculture Systems in the Brazilian Semi-Arid Region. **Agriculture**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 550, 24 fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030550>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/3/550>. Acesso em: 8 abr. 2025.

LEW, B.; TARNAPOLSKI, O.; AFGIN, Y.; PORTAL, Y.; IGNAT, T.; YUDACHEV, V.; BICK, A. Exploratory ranking analysis of brackish groundwater desalination for sustainable agricultural production: A case study of the Arava Valley in Israel. **Journal of Arid Environments**, [s. l.], v. 174, p. 104078, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104078>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014019631930148X>. Acesso em: 8 abr. 2025.

LI, Y.; WANG, J.; LI, E.; YANG, X.; YANG, J. Shifts in Microbial Community Structure and Co-occurrence Network along a Wide Soil Salinity Gradient. **Microorganisms**, [s. l.], v. 12, n. 7, p. 1268, 22 jun. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071268>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/12/7/1268>. Acesso em: 8 abr. 2025.

LIM, C.-H.; SONG, C.; CHOI, Y.; JEON, S. W.; LEE, W.-K. Decoupling of forest water supply and agricultural water demand attributable to deforestation in North Korea. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 248, p. 109256, out. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.07.027>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479719309582>. Acesso em: 27 fev. 2025.

LIMA, B. L. D. C.; LACERDA, C. F. D.; FERREIRA NETO, M.; CAMPELO, D. D. H.; SILVA, J. A. D.; ORTIZ, P. F. S.; BEZERRA, A. M. E. Light Availability and Salt Stress on Hazel Sterculia Seedlings. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 25, n. 4, 23 ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.056717>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872018000400111&lng=en&tlng=en. Acesso em: 12 set. 2025.

LIMA, B. L. de C. **Respostas fisiológicas e morfométricas na produção de mudas de coqueiro anão irrigado com água salina**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, 2014. .

LIMA, G. S. D.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; SOUSA, P. F. D. N.; FERNANDES, P. D. Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 180–189, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n3p180-189>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662022000300180&tlng=en. Acesso em: 13 abr. 2025.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 835–843, out. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000500007>. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000500007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 14 abr. 2025.

LOUDARI, A.; BENADIS, C.; NACIRI, R.; SOULAIMANI, A.; ZEROUAL, Y.; GHAROUS, M. E.; KALAJI, H. M.; OUKARROUM, A. Salt stress affects mineral nutrition in shoots and roots and chlorophyll a fluorescence of tomato plants grown in hydroponic culture. **Journal of Plant Interactions**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 398–405, 1 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2020.1841842>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429145.2020.1841842>. Acesso em: 6 fev. 2026.

LUDWICZAK, A.; OSIAK, M.; CÁRDENAS-PÉREZ, S.; LUBIŃSKA-MIELIŃSKA, S.; PIERNIK, A. Osmotic Stress or Ionic Composition: Which Affects the Early Growth of Crop Species More? **Agronomy**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 435, 27 fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030435>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/3/435>. Acesso em: 8 abr. 2025.

MEDEIROS, M. do B. C. L.; JESUS, H. I. de; SANTOS, N. de F. A.; MELO, M. R. da S.; SOUZA, V. Q. de; BORGES, L. da S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. de S. Índice de qualidade de dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Agroecossistemas**, [s. l.], v. 10, p. 159–173, 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/5124/4987>.

MELO FILHO, J. S. D.; VÉRAS, M. L. M.; ALVES, L. D. S.; DA SILVA, T. I.; GONÇALVES, A. C. D. M.; DIAS, T. J. Salinidade hídrica, biofertilizante bovino e cobertura vegetal morta na produção de mudas de *Talisia esculenta* (a. St.-hil.) radlk.). **Scientia Agraria**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 131, 29 set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i3.54307>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/54307>. Acesso em: 27 set. 2025.

MELO, H. F. D.; SOUZA, E. R. D.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 38–43, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p38-43>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000100038&lng=en&tlng=en. Acesso em: 27 set. 2025.

MELO, L. A. D.; ABREU, A. H. M. D.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA, R. R. D.; SILVA, D. T. D. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* benth. Produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 47–55, 2 abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831574>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/31574>. Acesso em: 28 set. 2025.

MENDES, T. A.; FAGUNDES, A. K. B.; PEREIRA, T. S. R. Classificação Preliminar de Corpos D'água Com Base na Resolução CONAMA nº 357/2005: Caso do Rio

Meia Ponte - Go. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 1382, 28 set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X21832>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/21832>. Acesso em: 6 abr. 2025.

MOLLA, M.; ABTEW, A. A.; TEBKEW, M. Socioeconomic contributions of small-scale private urban tree nurseries in Gondar and Bahirdar Cities. **Cogent Food & Agriculture**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1785104, 1 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1785104>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2020.1785104>. Acesso em: 21 fev. 2025.

NASCIMENTO, P. D. S.; PAZ, V. P. D. S.; FRAGA JÚNIOR, L. S.; COSTA, I. P. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação E da adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 10–15, 27 abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2017.v13.n1.a143>. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ca/article/view/1621/1851>. Acesso em: 23 abr. 2025.

NAVARRO, R. D.; CORREA, B. S.; HUNDLEY, G. C.; KODAMA, G. Growth of fingerlings in different stocking densities in tropical aquaponic system of basil production. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 43, p. 95–95, 29 set. 2021. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5902/2179460X63222>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/63222>. Acesso em: 8 set. 2025.

NÓBREGA, J. S.; SILVA, I. C. M.; DA SILVA, I. A.; NOBRE, R. G.; FIGUEIREDO, F. R. A.; DE SOUZA, F. M.; DE FÁTIMA, R. T.; FERREIRA, J. T. A.; NASCIMENTO, R. G. S. Malpighia emarginata D.C. Growth in Several Substrates and Salt Waters. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 352, 10 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p352>. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/75147>. Acesso em: 27 set. 2025.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 37–45, 31 mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a807>. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v6i1a807>. Acesso em: 14 out. 2025.

OLIVEIRA, I. S. R. D.; JESUS, E. D. C.; RIBEIRO, T. G.; DA SILVA, M. S. R. D. A.; TENORIO, J. D. O.; MARTINS, L. M. V.; DE FARIA, S. M. Mimosa caesalpinifolia Benth. adapts to rhizobia populations with differential taxonomy and symbiotic effectiveness outside of its location of origin. **FEMS Microbiology Ecology**, [s. l.], p. fiz109, 8 jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiz109>. Disponível em: <https://academic.oup.com/femsec/advance-article/doi/10.1093/femsec/fiz109/5529449>. Acesso em: 28 set. 2025.

OLIVEIRA, V. D. C.; RODRIGUES, S. D. O.; SOUTO, S. M. T.; DA SILVA, G. A.; VILEGAS, W.; FERRI, B. G.; EL-GAZZAR, A. M.; BATIHA, G. E.-S.; MAHMOUD, M.

H.; SILVA, M. J. D.; PAGNOSSA, J. P.; DA SILVA, M. A. Chemical profile and evaluation of the pharmacological activity of the dry extract and fraction of ethyl acetate obtained from the leaves of *Mimosa caesalpinifolia*. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 323, p. 117716, abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.117716>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874124000163>. Acesso em: 28 set. 2025.

OLIVÉRIO, G. L.; BONINI, C. D. S. B.; SOUZA, J. F. D.; PERUSSO, R. L. S.; MEIRELLES, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; LUPATINI, G.; MATEUS, G. P.; LAPAZ, A. D. M.; HEINRICHS, R.; MOREIRA, A. Water Infiltration, Resistance to Penetration and Soil Moisture in Integrated Agricultural Yield Systems over Time. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s. l.], v. 53, n. 3, p. 327–336, 4 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1993888>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00103624.2021.1993888>. Acesso em: 27 mar. 2025.

ORO, P.; ALEXANDRE LOPES DRANSKI, J.; CONTRO MALAVASI, U.; DE MATOS MALAVASI, M. Frequência da irrigação ao final da produção em mudas de espécies lenhosas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 094–102, 15 ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711522016094>. Disponível em: <http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711522016094>. Acesso em: 27 jan. 2026.

PAGANOVÁ, V.; HUS, M.; LICHTNEROVÁ, H. Effect of Salt Treatment on the Growth, Water Status, and Gas Exchange of *Pyrus pyraeaster* L. (Burgsd.) and *Tilia cordata* Mill. Seedlings. **Horticulturae**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 519, 14 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060519>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/519>. Acesso em: 14 abr. 2025.

PASSOS, M. A.; TAVARES, K. M. P.; ALVES, A. R. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 51–56, 14 mar. 2007. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v2i1a542>. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v2i1a542>. Acesso em: 28 set. 2025.

PEREIRA, M. C. D. A.; AZEVEDO, C. A. V. D.; DANTAS NETO, J.; PEREIRA, M. D. O.; RAMOS, J. G.; TOMAZ, B. D. A. Crescimento de Cultivares de Palma Forrageira Irrigada Sob Diferentes Níveis de Salinidade em Região Semiárida. **IRRIGA**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 814–826, 22 dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n4p814-826>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4399>. Acesso em: 13 abr. 2025.

PINTO, J. R. D. S.; FREITAS, R. M. O. D.; LEITE, T. D. S.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; FERREIRA, H.; LEITE, M. D. S. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 20, n. 6, p. 519–524, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p519-524>. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000600519&lng=en&tling=en. Acesso em: 31 jan. 2025.

RAPOSO, R. S.; OLIVEIRA, N. V. B. D.; OLIVEIRA, C. V. S.; SANTOS JÚNIOR, H. L. Mortalidade em tilápias (*Oreochromis niloticus*) provocada por falhas de manejo e o desafio diagnóstico para os serviços veterinários oficiais. **Pubvet**, [s. l.], v. 15, n. 10, 5 out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n10a944.1-8>. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/198>. Acesso em: 27 set. 2025.

REFATI, D. C.; SILVA, J. L. B. D.; MACEDO, R. S.; LIMA, R. D. C. C.; SILVA, M. V. D.; PANDORFI, H.; SILVA, P. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. D. Influence of drought and anthropogenic pressures on land use and land cover change in the brazilian semiarid region. **Journal of South American Earth Sciences**, [s. l.], v. 126, p. 104362, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104362>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895981123001736>. Acesso em: 8 mar. 2025.

REIS, J. C. dos; RODRIGUES, G. S.; BARROS, I. de; RODRIGUES, R. D. A. R.; GARRETT, R. D.; VALENTIM, J. F.; KAMOI, M. Y. T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F. J.; RODRIGUES-FILHO, S.; PIMENTEL, P. E. O.; SMUKLER, S. Integrated crop-livestock systems: A sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and Amazon. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 283, p. 124580, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124580>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620346242>. Acesso em: 27 mar. 2025.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; DE OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) Árvore de Múltiplo uso no Brasil. **EMBRAPA**, [s. l.], p. 4, 2003.

RIBEIRO, L. L. O.; CUNHA, L. D. S.; ROCHA, M. E. L.; MONFORT, L. E. F.; PEREIRA, W. C. Evaluation of the Impact of Normative Instruction No. 48 on the Production of Citrus Seedlings: A Case Study in Santa Luzia de Indua, Captain Poco-PA-Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 1–8, 21 jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/46247>. Disponível em: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/1241>. Acesso em: 19 fev. 2025.

RIBEIRO, M. C. C.; BARROS, N. M. S.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVEIRA, L. M. da. Tolerância do Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) à Salinidade Durante a Germinação e o Desenvolvimento de Plântulas. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 23–126, dez. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/875/486>. Acesso em: 26 ago. 2025.

RIIKONEN, J.; LUORANEN, J. Seedling Production and the Field Performance of Seedlings. **Forests**, [s. l.], v. 9, n. 12, p. 740, 27 nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9120740>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/9/12/740>. Acesso em: 28 fev. 2025.

RODRIGUES, L. L. L. S.; SILVA, E. F.; FARIAS, M. L.; PINHEIRO, A. M.; LIMA, R. B.; MORAIS, F. M. S.; SANTOS, E. P. S.; CAMPÊLO, M. C. S.; SILVA, L. F.;

FREITAS, D. F.; OLIVEIRA, F. O. Water Quality of Underground Wells in Limoeiro do Norte, Brazilian Northeast. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 11, n. 17, p. 251, 15 out. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n17p251>. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/40820>. Acesso em: 8 abr. 2025.

RORATO, D. G.; ARAUJO, M. M.; TABALDI, L. A.; TURCHETTO, F.; GRIEBELER, A. M.; BERGHETTI, Á. L. P.; BARBOSA, F. M. Tolerance and resilience of forest species to frost in restoration planting in southern Brazil. **Restoration Ecology**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 537–542, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12596>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12596>. Acesso em: 27 set. 2025.

SÁ, F. V. D. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. D.; PAIVA, E. P. D.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. D. A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of west indian cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 158–163, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n3p158-163>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018000300158&lng=en&tlng=en. Acesso em: 23 abr. 2025.

SALES, R. A. de; SALES, R. A. de; NASCIMENTO, T. A. do; SILVA, T. A. da; BERILLI, S. da S.; SANTOS, R. A. dos. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da schinus terebinthifolius raddi. **Scientia Agraria**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 99–106, 20 dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i4.54203>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/54203>. Acesso em: 27 set. 2025.

SEWILAM, H.; KIMERA, F.; NASR, P.; DAWOOD, M. A sandponics comparative study investigating different sand media based integrated aqua vegeculture systems using desalinated water. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 11093, 30 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15291-7>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-15291-7>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SHAO, J.; TANG, W.; HUANG, K.; DING, C.; WANG, H.; ZHANG, W.; LI, R.; AAMER, M.; HASSAN, M. U.; ELNOUR, R. O.; HASHEM, M.; HUANG, G.; QARI, S. H. How Does Zinc Improve Salinity Tolerance? Mechanisms and Future Prospects. **Plants**, [s. l.], v. 12, n. 18, p. 3207, 8 set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12183207>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/18/3207>. Acesso em: 10 fev. 2026.

SILVA, A. F. P. D. L.; SOUZA, J. Análise Da Qualidade da Agua nos Aquíferos Aluviais da Bacia Riachodo Tigre - PB: uma Abordagem Hidrológica em Ambientes Fluviais Semiáridos no Brasil. **Revista de geografia Norte Grande**, [s. l.], n. 84, p. 323–336, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34022023000100323>. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022023000100323&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 6 abr. 2025.

SILVA, A. P. M. D.; SCHWEIZER, D.; MARQUES, H. R.; TEIXEIRA, A. M. C.; SANTOS, T. V. M. N. D.; SAMBUICHI, R. H. R.; BADARI, C. G.; GAUDARE, U.; BRANCALION, P. H. S. Can current native tree seedling production and

infrastructure meet an increasing forest restoration demand in Brazil? **Restoration Ecology**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 509–515, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12470>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12470>. Acesso em: 7 abr. 2025.

SILVA, M. B. R. da; VIÉGAS, R. A.; NETO, J. D.; FARIAS, S. A. R. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de Geografia**, [s. l.], v. 10, n. 30, p. 120–127, 4 jun. 2009. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG103016009>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16009>. Acesso em: 26 set. 2025.

SILVA, E. A. D.; OLIVEIRA, A. C. D.; MENDONÇA, V.; SOARES, F. M. Substratos na Produção de Mudanças de Mangabeira em Tubetes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s. l.], v. 41, n. 2, 6 abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/pat.v41i2.9042>. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/9042>. Acesso em: 14 abr. 2025.

SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 29 set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/5E8596460818>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SILVA, L. G. C. D.; HOLANDA, H. B. B.; ROCHA, E. L. B.; DIAS, P. C. Evaluation of Carnauba Progenies and Estimates of Genetic Parameters in the Juvenile Phase. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 917–925, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n414rc>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000400917&lng=en&tlng=en. Acesso em: 8 abr. 2025.

SILVA, V. C. F. D.; SILVA, P. A.; OLIVEIRA, J. T. D.; OLIVEIRA, R. A. D.; PEREIRA, L. V. Using Wastewater from Fish Farming for Fertigation of Lettuce Crop. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. e20230025, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v43n4e20230025/2023>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162023000400301&tlng=en. Acesso em: 31 jan. 2025.

SOBRINHO, D. J. F.; LINHARES, L. I. M.; ALMEIDA, B. L.; ALVES, V. C. Brazilian Semi-Arid: Potentialities and Diversity of Uses. **International Journal of Humanities and Social Science**, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30845/ijhss.v11n8p12>.

SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. S. D.; ZAMBONI, P. A. P.; VIEIRA, N. O. M.; CARVALHO, G. A.; MACEDO, M. C. M.; ARAUJO, A. R. de; MONTAGNER, D. B.; SOBRINHO, T. A. Effects of Long-Term Crop-Livestock-Forestry Systems on Soil Erosion and Water Infiltration in a Brazilian Cerrado Site. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 19, p. 5339, 27 set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11195339>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5339>. Acesso em: 27 mar. 2025.

SOUZA, M. L. R. D.; GOES, E. S. D. R.; KRONKA, S. D. N.; CASTAGNOLLI, N. Sistemas de aeração e densidades de estocagem na qualidade da água e produção de tilápia do Nilo. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. e48010817238, 17 jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17238>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17238>. Acesso em: 27 set. 2025.

SUN, W.; HE, Z.; LIU, B.; MA, D.; SI, R.; LI, R.; WANG, S.; MALEKIAN, A. Changes in Photosynthetic Efficiency, Biomass, and Sugar Content of Sweet Sorghum Under Different Water and Salt Conditions in Arid Region of Northwest China. **Agriculture**, [s. l.], v. 14, n. 12, p. 2321, 17 dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122321>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/12/2321>. Acesso em: 7 abr. 2025.

TORMES, E. C.; BARBOSA, B. S.; BERLE, H.; URIARTE, J. F.; POLLNOW, H. E.; PASA, M. Aspectos legais da produção de sementes e mudas de espécies florestais. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. e37911325903, 28 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.25903>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25903>. Acesso em: 19 fev. 2025.

UESUGI, G.; SIMÕES, D.; MORAES, C. B.; SILVA, M. R. D. Economic and financial analysis of tree seedling production using composted biosolids substrate. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. e20170740, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.074017>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872019000200144&tlng=en. Acesso em: 21 fev. 2025.

VAN TUNG, T.; TRAN, Q. B.; PHUONG THAO, N. T.; VI, L. Q.; HIEU, T. T.; LE, S.; TUAN, N. Q.; SONNE, C.; LAM, S. S.; HAI, L. T.; LE, Q. V. Recycling of aquaculture wastewater and sediment for sustainable corn and water spinach production. **Chemosphere**, [s. l.], v. 268, p. 129329, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129329>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653520335268>. Acesso em: 27 mar. 2025.

WANG, Tianyu; XU, Z.; PANG, G. Effects of Irrigating with Brackish Water on Soil Moisture, Soil Salinity, and the Agronomic Response of Winter Wheat in the Yellow River Delta. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 20, p. 5801, 18 out. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11205801>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5801>. Acesso em: 8 abr. 2025.

WANG, Tieqiang; GUO, Z.; WANG, H.; LI, W.; SHENG, W.; ZHANG, S.; ZHANG, D. Effects of Mixed Saline and Fresh Water Sprinkler Irrigation on the Rhizosphere Soil Microbial Community of Summer Maize. **Agriculture**, [s. l.], v. 14, n. 12, p. 2237, 6 dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122237>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/12/2237>. Acesso em: 8 abr. 2025.

WESTERBAND, A. C.; KAGAWA-VIVIANI, A. K.; BOGNER, K. K.; BEILMAN, D. W.; KNIGHT, T. M.; BARTON, K. E. Seedling drought tolerance and functional traits vary in response to the timing of water availability in a keystone Hawaiian tree species. **Plant Ecology**, [s. l.], v. 220, n. 3, p. 321–344, mar. 2019. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s11258-019-00917-0>. Disponível em:
<http://link.springer.com/10.1007/s11258-019-00917-0>. Acesso em: 28 fev. 2025.

ZHU, J.-K. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. **Cell**, [s. l.], v. 167, n. 2, p. 313–324, out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0092867416310807>. Acesso em: 8 abr. 2025.

ZHU, M.; WANG, Q.; SUN, Y.; ZHANG, J. Effects of oxygenated brackish water on germination and growth characteristics of wheat. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 245, p. 106520, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106520>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037837741931488X>. Acesso em: 8 abr. 2025.