



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA**

MARIA WILLIANE DE LIMA SOUZA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MANJERICÃO TOLERANTES A ESTRESSE
SALINO EM HIDROPONIA**

MOSSORÓ-RN

2025

MARIA WILLIANE DE LIMA SOUZA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MANJERICÃO TOLERANTES A ESTRESSE
SALINO EM HIDROPONIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

**LINHA DE PESQUISA: MELHORAMENTO
GENÉTICO**

**ORIENTADOR: Prof. D. Sc. GLAUBER
HENRIQUE DE SOUSA NUNES**

**COORIENTADOR: Prof. D. Sc.
FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA**

MOSSORÓ

2025

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S719s Souza, Maria Williane de Lima .
Seleção de genótipos de manjerição tolerantes a estresse salino em hidroponia / Maria Williane de Lima Souza. - 2025.
71 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Coorientador: Francisco de Assis de Oliveira.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2025.

1. Ocimum basilicum L.. 2. Manjerição. 3. salinidade. 4. condutividade elétrica. 5. Hidroponia. I. Nunes, Glauber Henrique de Sousa , orient. II. Oliveira, Francisco de Assis de , co-orient. III. Título.

Biblioteca Campus

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

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

MARIA WILLIANE DE LIMA SOUZA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MANJERICÃO TOLERANTES A ESTRESSE
SALINO EM HIDROPONIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de pesquisa: Melhoramento Genético.

Defendida em: 15 / 08 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **GLAUBER HENRIQUE DE SOUSA NUNES**
Data: 29/10/2025 12:51:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **BRENO LEONAN DE CARVALHO LIMA**
Data: 29/10/2025 15:27:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sc. Brenno Leonan de Carvalho Lima (UFRPE)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **OSVALDO NOGUEIRA DE SOUSA NETO**
Data: 05/11/2025 10:57:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Sc. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **EDICLEIDE MACEDO DA SILVA**
Data: 27/10/2025 13:50:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Edicleide Macedo da Silva (UFERSA)
Dr. Sc. Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **STEFESON BEZERRA DE MELO**
Data: 27/10/2025 14:13:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Stefeson Bezerra de Melo (UFERSA)
Dr. Sc. Membro Examinador

Ao meu filho, Edimundo Neto, e ao meu
esposo Edimundo Moura, por serem meu
combustível diário e o motivo pelo qual
vale a pena seguir firme na caminhada.
Exponho aqui minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pelo dom da vida, por todas as oportunidades a mim oferecidas e por me sustentar nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, Antônia Torres, pelo amor, confiança, pelos vários ensinamentos e principalmente pelo incentivo para nunca desistir dos meus sonhos. Aos meus irmãos, Wênnya e Wédson, pelo amor e incentivo mesmo que distante.

Ao meu esposo, Edimundo Moura, por ser meu incentivador número um, por sonhar e lutar junto comigo para a realização desse sonho, por acreditar em mim quando nem eu mesma acreditava. Muito obrigada por toda a paciência e calma que você transmitiu em meio ao caos da minha “saga” de doutorado.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, por todo o conhecimento adquirido.

Ao meu Orientador, D. Sc. Glauber Henrique, por toda a contribuição técnica para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira (Thikão), por nunca duvidar da minha capacidade de fazer algo, por toda a paciência, disponibilidade, ensinamentos acadêmicos e de vida. Por deixar bem claro para mim que no final tudo sempre dar certo.

À banca examinadora, pelas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Ao grupo de pesquisa IRRIGANUTRI, pela ajuda no desenvolvimento deste e de outros trabalhos, em especial a Aline Alves e Sandy Thomas. Aos integrantes do grupo que conduziram parte do experimento durante a minha licença maternidade, muito obrigada de coração.

Agradeço também a Sérgio Freire, funcionário terceirizado da UFERSA, pela ajuda na montagem do experimento e pelo suporte durante a condução do mesmo.

A todas as pessoas que, em algum momento, passaram pela minha vida e contribuíram de alguma forma, mesmo que sem saber, para que essa jornada se tornasse mais leve.

“Consagre ao Senhor tudo o que
você faz, e os seus planos serão
bem-sucedidos”.
(Provérbios 16:3)

RESUMO

SOUZA, Maria Williane de Lima. **Seleção de genótipos de manjerição tolerantes a estresse salino em hidroponia**. 2025. 71f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia). - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2025.

O manjerição (*Ocimum basilicum* L.) destaca-se como uma espécie de elevado valor econômico e científico, amplamente cultivada em diferentes regiões do mundo devido à sua relevância nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de dois experimentos, com o objetivo de avaliar e selecionar genótipos de manjerição tolerantes ao estresse salino em cultivo hidropônico. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró. No primeiro experimento, foram utilizados 22 genótipos de manjerição, os quais foram fertirrigados com soluções nutritivas preparadas com águas de duas condutividades elétricas (0,5 e 7,0 dS m⁻¹), seguindo o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 22, com quatro repetições, sendo a unidade experimental representada por um vaso com capacidade para 8 dm³ cada, contendo substrato de fibra de coco. As plantas foram analisadas a partir de variáveis de crescimento (altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas, número de inflorescências, área foliar, massa fresca total, massa seca de folhas, massa seca de caule, massa seca total e área foliar específica). Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância pelo teste F, médias comparadas pelo teste de Scott-Knott para genótipo e t para Salinidade a 5% de probabilidade. Foram realizadas análises de divergência genética pelo método UPGMA usando a distância euclidiana, classificação da tolerância pelo método da Função de pertinência (Lógica Fuzzy), regressão múltipla para predição da função de pertinência, programa R (Core Team R, 2024). Os genótipos Manoho e Microverde foram classificados como altamente tolerantes à salinidade de 7,0 dS m⁻¹. O genótipo Basilicão foi classificado como altamente suscetível. O genótipo Roxo Feltrin foi classificado como suscetível à salinidade de 7,0 dS m⁻¹. No segundo experimento, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×2×2, sendo dois sistemas hidropônicos (NFT e Semi-hidropônico), duas condutividades elétricas (1,8 dS m⁻¹ e 6,5 dS m⁻¹) e dois genótipos (Roxo e Verde), com quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: trocas gasosas (transpiração, taxa de assimilação líquida, condutância estomática, concentração intercelular de CO₂, eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência de carboxilação) e variáveis de crescimento. O genótipo Roxo mostrou-se mais tolerante ao estresse salino proveniente da solução nutritiva do que o Verde. O sistema de cultivo em substrato proporcionou melhor desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, maior tolerância à salinidade.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L.; salinidade; condutividade elétrica; hidroponia.

ABSTRACT

Basil (*Ocimum basilicum* L.) stands out as a species of high economic and scientific value, widely cultivated in different regions of the world due to its importance in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. This research was developed based on two experiments, aiming to evaluate and select basil genotypes tolerant to salt stress in hydroponic cultivation. The experiments were conducted in a greenhouse at the Federal Rural University of Semi-Arid, in Mossoró. In the first experiment, 22 basil genotypes were fertigated with nutrient solutions prepared with water of two electrical conductivities (0.5 and 7.0 dS m⁻¹), following a randomized block experimental design, in a 2 x 22 factorial scheme, with four replicates. The experimental unit was represented by a pot with a capacity of 8 dm³ each, containing coconut fiber substrate. Plant growth variables (plant height, stem diameter, number of leaves, number of inflorescences, leaf area, total fresh mass, leaf dry mass, stem dry mass, total dry mass, and specific leaf area) were analyzed. Data were subjected to analysis of variance using the F test, and means were compared using the Scott-Knott test for genotype and the t test for salinity at 5% probability. Genetic divergence analyses were performed using the UPGMA method using Euclidean distance, tolerance classification using the Membership Function method (Fuzzy Logic), multiple regression to predict the membership function, R program (Core Team R, 2024). The Manoho and Microverde genotypes were classified as highly tolerant to salinity of 7.0 dS m⁻¹. The Basilicão genotype was classified as highly susceptible. The Roxo Feltrin genotype was classified as susceptible to salinity of 7.0 dS m⁻¹. In the second experiment, a completely randomized design was adopted, in a 2×2×2 factorial scheme, with two hydroponic systems (NFT and Semi-hydroponic), two electrical conductivities (1.8 dS m⁻¹ and 6.5 dS m⁻¹) and two genotypes (Purple and Green), with four replicates. The following variables were evaluated: gas exchange (transpiration, net assimilation rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, water use efficiency, intrinsic water use efficiency, and carboxylation efficiency) and growth variables. The Purple genotype was more tolerant to saline stress from the nutrient solution than the Green genotype. The substrate cultivation system provided better plant development and, consequently, greater tolerance to salinity.

Keywords: *Ocimum basilicum* L.; salinity; electrical conductivity; hydroponics.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Genótipos de manjerição e respectivas empresas responsáveis pela produção.....	27
Tabela 2 – Valores de F de Snedecor e Quadrado médio do resíduo para a análise de variância de caracteres avaliados em genótipos de manjerição submetidos a dois níveis de salinidade na água de irrigação.....	32
Tabela 3 – Médias de caracteres e do coeficiente de tolerância avaliados em genótipos de manjerição submetidos a dois níveis de salinidade na água de irrigação.....	33
Tabela 4 – Médias do coeficiente de tolerância à salinidade de caracteres avaliadas em genótipos de manjerição submetidos a dois níveis de salinidade na água de irrigação.....	36
Tabela 5 – Classificação dos genótipos quanto à tolerância à salinidade em função de pertencimento (MFVD).....	39
Tabela 6 – Estimativa do coeficiente de regressão, coeficiente de determinação parcial (R^2), erro padrão e valor t do coeficiente de tolerância selecionados no modelo de regressão múltipla para a predição de MFVD.....	40

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A), concentração intercelular de CO_2 (Ci), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso de água (EiUa) e eficiência de carboxilação (EiCi) de genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino e dois sistemas hidropônicos.....	54
Tabela 2 – Transpiração (E), taxa de assimilação líquida (A) e Eficiência de carboxilação (EiCi) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	55
Tabela 3 – Condutância estomática (gs) e Concentração intercelular de CO_2 (Ci) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	57
Tabela 4 – Eficiência do uso da água (EUA) em genótipos manjerição submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	58
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), massa fresca total (MFT), número de inflorescência (NI), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino e dois sistemas hidropônicos.....	59

Tabela 6 – Altura de plantas em genótipos de manjeriço submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	60
Tabela 7 – Diâmetro de caule (mm) em genótipos de manjeriço submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	61
Tabela 8 – Massa fresca total, número de inflorescências e número de folhas em genótipos de manjeriço submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	62
Tabela 9 – Área foliar (cm ² planta ⁻¹) em genótipos de manjeriço submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	64
Tabela 10 – Resumo da análise de variância para massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) de genótipos de manjeriço submetidos ao estresse salino e dois sistemas hidropônicos.....	64
Tabela 11 – Massa seca de folhas, massa seca de caule e massa seca total em genótipos de manjeriço submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	65
Tabela 12 – Área foliar específica (cm ² g ⁻¹ de MSF) em genótipos de manjeriço submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....	67

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 – <i>Ocimum basilicum</i> . Inflorescência e flores.....	17
Figura 2 – Localização do experimento (A) e casa de vegetação onde foi conduzido o experimento (B). Mossoró-RN, 2021.....	26
Figura 3 – Produção das mudas em bandejas (A) e mudas prontas para o transplante (B). Mossoró-RN, 2021.....	28
Figura 4 – Distribuição dos vasos na casa de vegetação. Mossoró-RN, 2021.....	29
Figura 5 – Sistema de irrigação do experimento. Mossoró-RN, 2021.....	29
Figura 6 – Dendrograma UPGMA obtido pela matriz de dissimilaridade de distâncias euclidianas dos coeficientes de tolerância avaliados em genótipos de manjeriço submetidos a dois níveis de salinidade na água de irrigação. Correlação cofenética ($r = 0,72$, $p < 0,05$). ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NFO: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CIN: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF:	

matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria seca total; AFO: área foliar; AFE: área foliar específica; SUF: suculência foliar; RAF: razão da área foliar....37

Figura 7 – Correlações entre coeficiente de tolerância (DC) e valor da função de pertinência da tolerância à salinidade (MFVD) de caracteres avaliados em genótipos de manjerição submetidos à dois níveis de salinidade na água de irrigação. ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NFO: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CIN: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria seca total; AFO: área foliar; AFE: área foliar específica; SUF: suculência foliar; RAF: razão da área foliar.....38

CAPÍTULO III

Figura 1 – Eficiência intrínseca do uso da água (EUA) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.....58

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DO MANJERICÃO.....	16
2.2 IMPORTÂNCIA DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO MANJERICÃO EM REGIÕES DE CLIMA SEMIÁRIDO TROPICAL.....	17
2.3 USO DE ÁGUA SALINA NA AGRICULTURA NO CULTIVO DE MANJERICÃO.....	18
2.4 EXIGÊNCIA EDAFOCLIMÁTICA DA CULTURA.....	19
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO II – SALINIDADE E DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MANJERICÃO (Ocimum basilicum).....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	26
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	26
2.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	28
2.4 IRRIGAÇÃO.....	29
2.5 CARACTERÍSTICAS ANALISADAS.....	30
2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	31
3 RESULTADOS.....	32
4 DISCUSSÕES.....	41
5 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
CAPÍTULO III- TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE MANJERICÃO SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO EM DOIS SISTEMAS HIDROPÔNICOS.....	46
RESUMO.....	46
ABSTRACT.....	47
INTRODUÇÃO.....	48
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	49
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	49

2.3 SISTEMAS HIDROPÔNICOS.....	50
2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	51
3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Manjerição (*Ocimum basilicum* L.), também conhecido como alfavaca, alfavaca-cheirosa e basílico (Palaretti *et al.*, 2015) pertence à família botânica Lamiaceae, sendo uma hortaliça aromática adaptada a regiões áridas, bastante utilizada na culinária, medicina alternativa, na indústria de cosméticos e farmacêutica (Snoussi *et al.*, 2016).

Embora sua origem seja atribuída a diferentes regiões, alguns autores indicam a Índia como centro de domesticação (Rodrigues *et al.*, 2005) enquanto outros relatam ser originária do sudoeste Asiático e da África central (Lorenzi & Matos, 2002; Rosado *et al.*, 2011).

No Brasil, a espécie encontra condições favoráveis de cultivo em todas as regiões, sendo especialmente difundida entre agricultores familiares, para uso culinário e ornamental (Teixera *et al.*, 2002). Em escala comercial, destaca-se a produção visando à extração de óleo essencial (Favorito *et al.*, 2011). O manjerição adapta-se bem às variadas condições climáticas, no entanto seu desenvolvimento é favorecido em condições de clima quente e úmido (Pereira & Moreira, 2011), encontradas na região Nordeste do Brasil.

As folhas são a principal parte utilizada do manjerição, razão pela qual é necessário que o cultivo proporcione quantidade e qualidade no seu fornecimento. Nesse sentido, o cultivo sem solo, especialmente em sistemas hidropônicos ou em substrato, tem se mostrado uma alternativa promissora, pois permite mais controle do fornecimento de água e nutrientes, além de reduzir impacto de adversidades climáticas, como chuvas excessivas (Pinheiro *et al.*, 2016). Para esse tipo de cultivo, torna-se imprescindível o uso de soluções nutritivas adequadas, as quais são ajustadas basicamente de acordo com a espécie vegetal, modelo de produção, estágio fenológico e condições climáticas de cada região (Furlani *et al.*, 2009).

A qualidade da água, principalmente quanto a concentrações salinas elevadas no solo afetam as plantas, em primeira instância, pelo efeito osmótico que dificulta a extração de água pelas raízes; em segunda instância, pelo efeito tóxico caracterizado pelo acúmulo excessivo de sais na planta, causando toxidez e alterações nutricionais, bioquímicas e fisiológicas (Munns; Tester, 2008).

O estresse salino impacta a fisiologia, morfologia e bioquímica das plantas, sendo a redução do crescimento o primeiro sinal visual observado. Akça e Samsunlu (2012) avaliaram, em seus estudos sobre estresse salino, fatores como crescimento, acúmulo de prolina, teor de clorofila, razões K/Na e Ca/Na, além do acúmulo de Na⁺ e Cl⁻. Além desses

indicadores, o acúmulo de solutos orgânicos compatíveis também pode ser considerado como um sinal fisiológico e bioquímico da tolerância ou sensibilidade ao estresse salino. Abdel-Latef *et al.* (2020), avaliando o manjeriço sob condições de salinidade, observaram redução do crescimento e dos pigmentos fotossintéticos, acúmulo de Na^+ e Cl^- , queda das razões K/Na e Ca/Na , bem como aumento de prolina e de solutos orgânicos compatíveis, mecanismos associados à manutenção do balanço osmótico e à mitigação dos efeitos deletérios dos sais.

De acordo com Medeiros *et al.* (2007) e Soares *et al.* (2007), entre as estratégias para o melhor aproveitamento das águas salinas estão o cultivo de espécies mais tolerantes à salinidade e o uso do sistema hidropônico, que amenizam os efeitos deletérios da salinidade nas plantas.

Quanto à tolerância à salinidade, o manjeriço comum é considerado moderadamente tolerante (Scagel *et al.*, 2019). No entanto, estudos já têm mostrado que a tolerância das plantas à salinidade varia em função de vários fatores, como genética, condições ambientes e sistema de cultivo, entre outros (Maia *et al.*, 2017).

Apesar da relevância de estudos sobre estresse salino em culturas de importância comercial e da necessidade do desenvolvimento de estratégias de manejo que possibilitem o uso de água de qualidade inferior na produção, ainda são escassos estudos sobre o cultivo de manjeriço nas condições do semiárido, especialmente em se tratando do cultivo em substrato, alternativa que tem se mostrado eficiente na utilização de águas com qualidade inferior, uma vez que diminui os efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito do estresse salino sobre o crescimento e os aspectos fisiológicos do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) cultivado em substrato, visando a identificar estratégias de manejo que possibilitem o uso sustentável de águas com elevados níveis de salinidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DO MANJERICÃO

Pertencente à família das Lamiaceae, o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), também conhecido por alfavaca, alfavaca-doce, erva real e basilicão, é uma planta medicinal, condimentar e aromática, com expressiva importância no cenário econômico mundial em países como Egito, Índia, Indonésia, México e Estados Unidos (Luz *et al.*, 2014).

Dentre as principais utilização do manjeriço, está o óleo essencial, que possui valor econômico significativo por ser a principal fonte para obtenção do monoterpeno linalol, muito utilizado pelas indústrias de cosméticos, farmacêutica e de alimentos (Guerra *et al.*, 2020).

O gênero *Ocimum* compreende cerca de 3.200 espécies (Blank *et al.*, 2010). Segundo Khan *et al.* (2015), o manjeriço é nativo de regiões tropicais e subtropicais e está difundido na Ásia, África e América do Sul; no entanto, adaptou-se bem às condições climáticas do Nordeste brasileiro, podendo ser cultivado durante todo o ano (Fernandes, 2014).

Dentre as variedades mais conhecidas, destacam-se a *Ocimum basilicum subsp. basilicum*, onde estão inseridos os grupos *Latifolium* (cultivares de folha verde) e a *Purpureum* (cultivares de folha roxa) (Almeida, 2006).

A chegada de imigrantes italianos ao Brasil aumentou o cultivo de manjeriço no país, sendo esta hortaliça usada principalmente como tempero e matéria prima para a produção de óleos essenciais (Reis *et al.*, 2007).

O Brasil produziu no ano de 2017 um total de 3.913 toneladas de manjeriço, tendo o Rio Grande do Norte contribuído com 47 dessas toneladas (IBGE, 2018). A cultura ocupa a posição de 150º produto mais comercializado na CEAGESP. No ano de 2017, foram comercializadas 225 toneladas, sendo os municípios de Itupeva- SP (48%), Jundiaí- SP (19%) e Itú (7,6%) os principais fornecedores (CEAGESP, 2017).

O manjeriço é uma planta herbácea de ciclo anual e polinização cruzada, resultando em grande número de subespécies, variedades e formas. Muito ramificada, aromática e perfumada; atinge 0,5 a 1,0 m de altura. Possui haste reta com muitas folhas carnosas, ovaladas, sem pelos e de cor variando de verde-brilhante a arroxeadas. Na face inferior das folhas, existem minúsculas covas, onde se formam gotículas de essências. Suas flores são brancas ou arroxeadas, formando espigas e seus frutos são aquênios (FIGURA 1). Sua multiplicação pode ser realizada por sementes ou estacas (Lorenzi; Matos, 2008; Pushpangadan; George, 2012).

Com relação ao clima, a cultura do manjeriço se adapta a condições subtropicais ou temperadas, quente e úmido, possibilitando, assim, o cultivo o ano todo (Favorito *et al.*, 2011).

Quando as plantas dessa espécie são submetidas a baixas temperaturas, podem ocorrer alterações em seu desenvolvimento e redução do teor de óleo essencial, principalmente se essas condições climáticas coincidirem com a época de corte (Von Hertwig, 1991).

Avaliando o efeito da temperatura no crescimento e no teor de óleo de manjeriço, Chang *et al.* (2005) observaram que as temperaturas mínima e ótima para o pleno crescimento do manjeriço foram 10,9 e 25,0 °C, respectivamente. Estes autores ainda relatam que na temperatura de 25 °C o teor de óleo foi três vezes maior do que nas plantas cultivadas a 15 °C. Outro fator relevante no cultivo do manjeriço é a disponibilidade de água, uma vez que esta planta não tolera o déficit hídrico severo, o que torna a irrigação necessária para o desenvolvimento desta espécie (José, 2014).



Figura 1. *Ocimum basilicum*. Inflorescência e flores. Fonte: Acervo pessoal (2025).

2.2 IMPORTÂNCIA DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO MANJERICÃO EM REGIÕES DE CLIMA SEMIÁRIDO TROPICAL

O melhoramento genético do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) é uma estratégia essencial para viabilizar o cultivo em regiões de clima semiárido tropical, marcadas por alta radiação solar, temperaturas elevadas, baixa umidade relativa e precipitação irregular. Nessas condições, a seleção de genótipos adaptados é crucial para garantir produtividade, estabilidade e qualidade de óleo essencial.

Estudos recentes evidenciam que determinados acessos genéticos de manjeriço apresentam maior tolerância ao déficit hídrico, mantendo crescimento e rendimento mesmo sob restrição de irrigação (Karapanos *et al.*, 2023). O estresse hídrico, contudo, pode reduzir em até 20% a biomassa e 21% o rendimento de óleo essencial, demonstrando o impacto direto na produção e a necessidade de materiais geneticamente mais resilientes (Abd El-Salam *et al.*, 2023). Adicionalmente, genótipos que acumulam prolina, fenóis e açúcares solúveis em condições de seca evidenciam mecanismos de ajuste osmótico e antioxidativo relevantes para programas de seleção (Hasanpour *et al.*, 2023).

A incorporação de recursos genéticos locais em programas de melhoramento, especialmente via abordagens participativas, fortalece a adaptação ao semiárido e contribui para a conservação da agrobiodiversidade (Barbieri; Vilela; Amorim, 2022). Portanto, o desenvolvimento de cultivares de manjeriço adaptados às condições edafoclimáticas do semiárido tropical não apenas sustenta a produção agrícola, como também amplia a competitividade econômica e a sustentabilidade regional (Silva *et al.*, 2021).

2.3 USO DE ÁGUA SALINA NA AGRICULTURA NO CULTIVO DE MANJERICÃO

No semiárido brasileiro, onde a escassez de águas superficiais é comum, as fontes hídricas subterrâneas surgem como alternativas viáveis para garantir o acesso à água, especialmente para a população rural. Contudo, devido à elevada salinidade dessas águas, muitas dessas fontes apresentam limitações de uso tanto para o consumo humano quanto para a agricultura, impondo desafios ao seu aproveitamento.

Nessas regiões, onde a distribuição das chuvas é irregular, a irrigação desempenha papel crucial no sucesso da produção agrícola. No entanto, a escassez hídrica muitas vezes obriga o uso de águas de qualidade inferior para irrigação (Gheyi *et al.*, 2016). A eficácia dessas águas na agricultura depende de fatores como salinidade, proporção relativa de sódio em comparação a outros cátions e concentração de elementos tóxicos (Bernardo; Soares; Mantovani, 2006; Gheyi *et al.*, 2016), o que exige cuidados específicos para evitar danos às culturas e ao solo.

Submetidas a estresse salino, plantas de manjeriço sofreram redução em todas as variáveis de crescimento avaliadas por Bione *et al.* (2014). Por outro lado, Delavari *et al.* (2014) relatam que o manjeriço se mostrou tolerante a 100 mmol de NaCl ($\approx 10 \text{ dS m}^{-1}$) e apontam que esta espécie mantém o ajuste osmótico com acúmulo de Na^+ e aumenta a regulação dos sistemas antioxidantes enzimáticos. No entanto, esses autores avaliaram o efeito da salinidade apenas durante a fase de mudas.

Analisando o efeito da salinidade sob diferentes cultivares de manjeriço, Oliveira *et al.* (2023) observaram redução da massa seca total devido à elevação da concentração de sais, que atua negativamente no processo fisiológico, diminuindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular, tendo como consequência a redução do crescimento e desenvolvimento das plantas (Taiz *et al.*, 2017).

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de avaliar os efeitos da salinidade no desenvolvimento do manjeriço (Maia *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018). Os resultados mostraram efeitos deletérios da salinidade sobre a altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, acúmulo de massas de matéria fresca e seca da parte aérea.

2.4 EXIGÊNCIA EDAFOCLIMÁTICA DA CULTURA

Este cultivo ocorre sob o regime de ciclo anual, tanto em condições de campo aberto quanto em ambiente protegido. O cultivo protegido otimiza a produtividade e permite fornecimento contínuo da produção ao longo do ano. Comercialmente, o manjeriço é cultivado visando à extração de óleo essencial, direcionado aos setores farmacêutico, cosmético e alimentício; em menor escala, é destinado ao comércio local, como feiras livres. Embora classificada como uma espécie de clima temperado a temperado-quente, o manjeriço apresenta boa adaptabilidade climática, sendo cultivado em todo o Brasil, em especial em hortas domésticas para fins condimentares e medicinais (Lorenzi; Matos, 2008).

O cultivo comercial de ervas aromáticas como o manjeriço em ambiente protegido é recomendado porque garante o fornecimento contínuo da erva fresca durante todo o ano (Menezes *et al.*, 2017), sendo indicado o cultivo em campo apenas no período de clima quente (Pereira; Moreira, 2011). A espécie é classificada como perene, apresentando florescimento tardio, o que permite a realização de múltiplas colheitas de suas folhas aromáticas ao longo do ano (Lorenzi; Matos, 2008). Com o manejo de cortes sucessivos, apresenta boas produtividades até o segundo ano de cultivo. A propagação pode ser realizada por sementes ou estacas herbáceas de plantas matrizes selecionadas pelo vigor e sanidade. As temperaturas ótimas de crescimento situam-se entre os 15 e 25 °C e é uma planta sensível a geadas. Prefere solos francos, ricos em matéria orgânica, com boa drenagem e pH entre 6,0 e 7,5. Quando sob cultivo protegido, o manjeriço normalmente produz folhas maiores do que no cultivo desprotegido e que podem ser preferidas pelo mercado (Almeida, 2006; Pereira; Moreira, 2011).

REFERÊNCIAS

- ABDEL-LATEF, A. A. H.; ALHMAD, M. F. A.; KORDROSTAMI, M. Silicon supplementation mitigates salinity stress on *Ocimum basilicum* L. via improving water balance, ion homeostasis, and antioxidant defense system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 206, p. 111396, 2020.
- AKÇA, Y.; SAMSUNLU, E. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, proline and nutrient accumulation, and K/Na ratio in walnut, **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 5, p.1513-1520, 2012.
- ALVES, R. P.; SILVA, A. V. C.; ALMEIDA-PEREIRA, C. S.; COSTA, T. S.; ALVARES-CARVALHO, S. V.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F. Genetic divergence in basil cultivars and hybrids. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 180-187, 2019. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190208>.
- ALMEIDA, D. **Manual de Culturas Hortícolas** – Volume I. Presença (Ed.). Lisboa, 2006.
- ATTIA, H. *et al.* Sodium transport in basil. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 31, p. 1045-1051, 2009.
- BIONE, M. A. *et al.* Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1228-1234, 2014.
- BLANK, A. F.; SOUZA, E. M.; PAULA J. W. A.; ALVES, P. B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjerição. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 305-310, 2010.
- CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. 2017. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/manjericao-2>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- DELAVARI, M.; ENTESHARI, S.; KALANTARI, K. M. Efeitos da resposta de *Ocimum basilicum* ao efeito interativo do ácido salicílico e do estresse salino. **Iranian Journal of Plant Physiology**, v. 4, p. 983-990, 2014.
- FAVORITO, P. A. *et al.* Características produtivas do manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, p.582-586, 2011.
- FERNANDES, A. R. Crescimento de cultivares de manjerição (*Ocimum basilicum* l.) cultivadas em vasos. Viçosa: UFV, 2014. 49p. Tese Doutorado.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas, Instituto Agronômico. 1999.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017 – Brasil, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>. Acesso em: 11 jan. 2025.

JOSÉ, J. V. **Adubação potássica e lâminas de irrigação na produção de biomassa e óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. 2014. 163f. Tese (Doutorado em Agriculutra) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

KHAN, I.; AHMAD, K.; KHALIL, A. T.; KHAN, J.; KHAN, Y. A.; SAQIB, M. S.; UMAR, M. N.; AHMAD, H. Evaluation of antileishmanial, antibacterial and brine shrimp cytotoxic potential of crude methanolic extract of Herb *Ocimum basilicum* (Lamiaceae). **Journal of Traditional Chinese Medicine**, v. 35, n. 3, 2015.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.

LUZ, J. M.; RESENDE, R. F.; SILVA, S. M.; SANTANA, D. G.; CAMILO, J. S.; BLANK, A. F.; HABER, L. L. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em 24 diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Boletim Latinoamericano e Caribe de Plantas Mediciniais e Aromáticas**, v. 13, n. 1, p. 69-80, 2014.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2017.

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. D. C.; SARMENTO, D. H.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 248-255, 2007.

MENEZES, R. V.; AZEVEDO NETO, A. D.; GHEYI, H. G.; COVA, A. M. W.; SILVA, H. H. B. Tolerance of basil genotypes to salinity. **J. Agric. Sci.** 2017, 9, 283–295. [CrossRef].

MUNNS, R.; TESTER, M. **Mechanisms of salinity tolerance**. Annual Review of Plant Biology, v. 59, p. 651-681, 2008.

PALARETTI, L. F. *et al.* Produtividade do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) fertirrigado utilizando vinhaça concentrada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 326-334, 2015.

SCAGEL, C. F.; LEE, J.; MITCHELL, J. N. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 127, p. 119-128, 2019.

PALARETTI, L. F.; DALRI, A. B.; DANTAS, G. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, W. F.; DOS SANTOS, M. G. Produtividade do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) fertirrigado utilizando vinhaça concentrada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 326-334, 2015.

PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjeriço: cultivo e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011.

REIS, A.; MIRANDA, B. E. C.; BOITEUX, L. S.; HENZ, G. P. Murcha do manjeriço (*Ocimum basilicum*) no Brasil: agente causal, círculo de plantas hospedeiras e transmissão via semente. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 137-141, 2007.

ROSADO, L. D. S.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjeriço cv. Maria Bonita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 291-296, 2011.

RODRIGUES, M. F.; SANTOS, E. C. Estudo da viabilidade financeira: implantação da cultura do manjeriço para exportação. UPIS, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/37506/1/FonteLuzCultivo.pdf>. Acesso em 15 jan. 2024.

SNOUSSI, M.; DEHMANI, A.; NOUMI, E.; FLAMINI, G.; PAPETTI, A. Chemical composition and antibiofilm activity of *Petroselinum crispum* and *Ocimum basilicum* essential oils against *Vibrio* spp. Strains. **Microbial Pathogenesis**, v. 90, n. 1, p. 13-21, 2016.

SCAGEL, C. F.; LEE, J.; MITCHELL, J. N. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 127, p. 119-128, 2019.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, p. 235-248, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, J. P. F.; MARQUES, M. O. M.; FURLANI, P. R.; FACANALLI, R. Essential oil contents in two cultivars of basil cultivated on NFT-hydroponics. IN: Proceedings of the First Latin-American Symposium on the Production of Medicinal, Aromatic and Condiments Plants, **Acta Horticulturae**, v. 569, p. 203-208, 2002.

VON HERTWING, I. F. **Plantio de aromáticas e medicinais**: plantio, colheita, secagem e comercialização. São Paulo: Ícone, 1991.

CAPÍTULO II - SALINIDADE E DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum*)

RESUMO

A salinidade da água de irrigação e do solo constitui um dos principais desafios para a agricultura, pois prejudica os processos fisiológicos e o crescimento das plantas. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento e a produção de diferentes genótipos de manjeriço, buscando identificar respostas adaptativas da espécie frente a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 22, sendo duas condutividades elétricas da água utilizada (0,5 e 7,0 dS m⁻¹) e 22 cultivares com quatro repetições. Cada unidade experimental representada por um vaso com capacidade para 8 dm³ contendo substrato. O plantio foi realizado a partir de mudas, e o sistema de irrigação foi por gotejamento. As plantas foram avaliadas na fase de pleno florescimento, quanto às variáveis de desenvolvimento (número de folhas, altura, diâmetro de caule, número e comprimento da inflorescência, massa fresca de folhas, massa fresca de inflorescências, massa seca de folhas, inflorescência e total, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar e suculência foliar). Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA) pelo teste F, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, para o fator genótipo e pelo teste t para o fator salinidade. A divergência genética entre os genótipos foi estimada pelo método de agrupamento UPGMA, com base na distância euclidiana média, permitindo a identificação de padrões de similaridade quanto à resposta ao estresse salino. A classificação do grau de tolerância à salinidade foi realizada por meio da Função de Pertinência, fundamentada na Lógica Fuzzy, e complementada por análises de regressão múltipla para predição dos valores de pertinência. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no *software* (Core Team R, 2024). Os resultados evidenciaram ampla variabilidade entre os genótipos avaliados, sugerindo a existência de potencial genético para o melhoramento da cultura quanto à tolerância à salinidade. Os genótipos Manóho e Microverde foram classificados como altamente tolerantes à salinidade de 7,0 dS m⁻¹. O genótipo Basilicão foi classificado como altamente suscetível. O genótipo Roxo Feltrin foi classificado como suscetível à salinidade de 7,0 dS m⁻¹. Tais resultados reforçam a importância da seleção genotípica como estratégia eficiente para o manejo e a adaptação do manjeriço em ambientes salinos, contribuindo para o avanço de programas de melhoramento visando à resiliência da cultura frente a condições de estresse abiótico.

Palavras-chave: Manjeriço; Salinidade; Cultivo hidropônico.

ABSTRACT

The salinity of irrigation water and soil is a major challenge for agriculture, as it impairs physiological processes and plant growth. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of salinity on the development and production of different basil genotypes, seeking to identify the species' adaptive responses to varying levels of electrical conductivity in the nutrient solution. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Agricultural and Forestry Sciences of the Federal Rural University of Semi-Arid, in Mossoró. The experimental design used was randomized blocks, in a 2 x 22 factorial scheme, with two electrical conductivities of the water used (0.5 and 7.0 dS m⁻¹) and 22 cultivars with four replicates. Each experimental unit was represented by a pot with a capacity of 8 dm³ containing substrate. Planting was carried out from seedlings, and the irrigation system was drip. Plants were evaluated at full flowering for developmental variables (number of leaves, height, stem diameter, number and length of inflorescences, fresh leaf mass, fresh inflorescence mass, dry leaf mass, inflorescence and total leaf mass, leaf area, specific leaf area, leaf area ratio, and leaf succulence). The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the F test, adopting a 5% probability level. Means were compared using the Scott-Knott test for genotype and the t-test for salinity. Genetic divergence between genotypes was estimated using the UPGMA clustering method, based on the mean Euclidean distance, allowing the identification of similarity patterns in response to salt stress. Salinity tolerance was classified using the Membership Function, based on Fuzzy Logic, and complemented by multiple regression analyses to predict relevance values. All statistical analyses were conducted using software (Core Team R, 2024). The results showed wide variability among the genotypes evaluated, suggesting the existence of genetic potential for crop improvement in salinity tolerance. The Manoho and Microverde genotypes were classified as highly tolerant to salinity of 7.0 dS m⁻¹. The Basilicão genotype was classified as highly susceptible. The Roxo Feltrin genotype was classified as susceptible to salinity of 7.0 dS m⁻¹. These results reinforce the importance of genotypic selection as an efficient strategy for managing and adapting basil to saline environments, contributing to the advancement of breeding programs aimed at improving crop resilience to abiotic stress conditions.

Keywords: Basil; Salinity; Hydroponic cultivation.

1 INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos principais fatores que influenciam a produtividade das culturas. Estima-se que até 2050 aproximadamente 50% da área agrícola produtiva do mundo apresentará efeitos negativos relacionados à salinização (Shrivasta e Kumar, 2015). No Brasil, a região mais afetada é a Nordeste, que possui clima semiárido e taxas de evaporação que superam as da precipitação. Além disso, a introdução de água de irrigação de baixa qualidade contribui para o processo de salinização do solo (Hannachi e Van Labeke, 2018).

Diante da intensificação dos processos de salinização dos solos agrícolas e do uso de águas salinas para a produção agrícola, especialmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, torna-se essencial o desenvolvimento de estratégias que permitam a manutenção da produtividade vegetal.

Nesse contexto, espécies com potencial agrônomo e algum nível de tolerância à salinidade, como o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), constituem alternativas promissoras para o cultivo em áreas afetadas. Além da adaptabilidade, essa cultura apresenta relevância econômica e social, o que reforça seu potencial de inserção em sistemas agrícolas sob condições adversas.

O manjeriço destaca-se por ser uma planta aromática amplamente valorizada por sua composição em óleos essenciais, que lhe conferem aplicações diversificadas nas indústrias alimentícia, cosmética e medicinal (Farsaraei *et al.*, 2020). A dupla importância (agrônômica e industrial) torna essa espécie um modelo estratégico em estudos visando à mitigação dos efeitos do estresse salino e à busca por alternativas produtivas sustentáveis.

Estudos mostram que a tolerância das plantas à salinidade varia em função do genótipo, condições ambientais, sistema de cultivo etc. (Maia *et al.*, 2017). O manjeriço comum é considerado moderadamente tolerante à salinidade (Scagel *et al.*, 2019).

Compreender os mecanismos fisiológicos, bioquímicos e moleculares que conferem tolerância das culturas a salinidade é fundamental para subsidiar programas de melhoramento genético e o manejo adequado das culturas sob estresse salino. Além disso, pesquisas têm identificado genes e vias metabólicas associadas à resposta do manjeriço ao estresse salino, como a ativação de fatores de transcrição e o aumento da produção de compostos antioxidantes (Ciriello *et al.*, 2023). Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento e a produção de diferentes genótipos de manjeriço, buscando identificar respostas adaptativas da espécie frente a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado no período de junho a setembro de 2021, em casa de vegetação no Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais (DCAF), no Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN, localizada nas coordenadas geográficas de 5° 20' 09" de latitude sul e 37° 32' 71" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m (Figura 2A).



Figura 2 - Localização do experimento (A) e casa de vegetação onde foi conduzido o experimento (B). Mossoró-RN, 2021. Fonte: Acervo pessoal (2025).

A casa de vegetação utilizada apresenta cobertura de polietileno de baixa densidade, transparente com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas e em formato tipo arco, com 21 m de comprimento e 7,0 m de largura. As paredes frontais e laterais são confeccionadas com telas anti-afídeos e rodapé de 0,30 m em concreto armado (Figura 2B).

O clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, (quente e seco), com precipitação pluviométrica irregular, precipitação média anual de 673,9 mm; temperatura de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 22, sendo duas condutividades elétricas da água utilizada (0,5 e 7,0 dS m⁻¹) e 22 cultivares (conforme tabela abaixo) com quatro repetições. Cada unidade experimental é representada por um vaso com capacidade para 8 dm³ contendo substrato.

Tabela 1. Genótipos de manjeriço e respectivas empresas responsáveis pela produção.

Genótipos	Empresa
G01- Greco Apalla	ISLA
G02- Toscano folha	ISLA
G03- Basilicão	ISLA
G04- Cannella	ISLA
G05- Limoncino	ISLA
G06- Roxo	TOP SEED
G07- Microverde de manjeriço	ISLA
G08- Folha fina	TOP SEED
G09- Gemini	ISLA
G10- Roxo	FELTRIN
G11- Genovese	TOP SEED
G12- Dante	FELTRIN
G13- Fino Frances	FELTRIN
G14- Manjeriço Albahaca Basil	FELTRIN
G15- Manjeriço Alfavaca	FELTRIN
G16- Albahaca Fraganza	FELTRIN
G17- Limoncello	FELTRIN
G18- Sabory	FELTRIN
G19- Manoho	FELTRIN
G20- Basilicão vermelho rubi	ISLA
G21 Microverde de manjeriço Padma	ISLA
G22 Microverde de manjeriço Shanti)	TOP SEED

Fonte: A autora (2025).

Para o preparo das soluções nutritivas, utilizou-se água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, cujas análises físicas e químicas determinaram as seguintes características: pH= 7,57; CE= 0,54 dS m⁻¹; Ca²⁺= 0,83; Mg²⁺= 1,20; K⁺= 0,31; Na⁺= 3,79; Cl⁻= 2,40; HCO₃⁻= 3,20 e CO₃²⁻= 0,60 (mmolc L⁻¹); RAS = 3,76. (mmolc L⁻¹). Para obtenção da água salina (S2), adicionou-se cloreto de sódio (NaCl) à água, ajustando-se as salinidades com um condutivímetro de bancada.

2.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com capacidade para 128 células, utilizando substrato formulado pela mistura de fibra de coco e vermiculita (1:1) e colocando-se três sementes em cada célula (Figura 3A). O desbaste foi feito dez dias após a emergência (DAE), deixando apenas a muda mais vigorosa em cada célula. As bandejas foram irrigadas duas vezes ao dia (pela manhã e à tarde), utilizando um regador de crivo fino até o transplântio, que foi realizado 20 DAE, quando as mudas estavam com três pares folhas definitivas (Figura 3B), sendo transplantadas para o vaso.

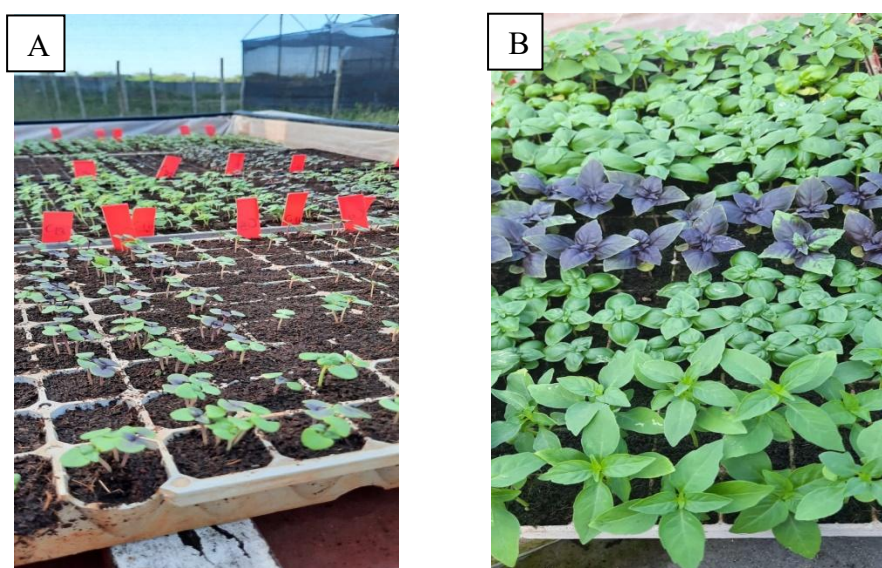


Figura 3. Produção das mudas em bandejas (A) e mudas prontas para o transplântio (B). Mossoró-RN, 2021. Fonte: Acervo pessoal (2025).

Os vasos foram preenchidos com substrato preparado pela mistura de fibra de coco e areia lavada na proporção 3:1(v/v). A fibra de coco utilizada (Golden Mix Granulado) é composta por 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base. Os vasos foram distribuídos em quatro fileiras duplas contendo 22 unidades cada. Adotou-se o espaçamento de 1m entre fileiras duplas, 0,45 m entre fileiras simples e 0,35 entre plantas.

A escolha do substrato baseou-se na predominância do uso da fibra de coco como substrato inerte em estudos conduzidos em sistemas hidropônicos (Charlo *et al.*, 2011; Gomes *et al.*, 2011).



Figura 4. Distribuição dos vasos na casa de vegetação. Mossoró-RN, 2021. Fonte: Acervo pessoal (2025).

2.4 IRRIGAÇÃO

A irrigação via gotejamento foi realizada utilizando emissores do tipo microtubos, previamente avaliados sob condições normais de operação, com os emissores acoplados às linhas de irrigação (tubos de polietileno). Para cada solução nutritiva, foi utilizado um sistema de irrigação independente, formado por um motor bomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076, acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência, utilizada normalmente em máquina de lavar roupa, um reservatório (caixa d'água com capacidade para 1000 L), mangueiras de 16 mm e microtubos com vazão média de 2,78 L h⁻¹ (Figura 5).



Figura 5. Sistema de irrigação do experimento. Mossoró-RN, 2021. Fonte: Acervo pessoal (2025).

2.5 CARACTERÍSTICAS ANALISADAS

Ao fim do experimento (60 DAT) as plantas foram coletadas, transportadas para o Laboratório de Irrigação e Drenagem e avaliadas quanto às seguintes variáveis:

- Altura de plantas (ALT): realizada com o auxílio de uma fita métrica graduada em cm, medindo-se a superfície do substrato até o ápice caulinar;
- Número de folhas (NFO): contabilizando-se todas as folhas maiores que 1,0 cm;
- Número de inflorescência (NINFL): contabilizados todas as inflorescências que apresentavam flores abertas;
- Comprimento de inflorescências (CINFL): medido com uma régua graduada em cm e considerando o comprimento médio de todas as inflorescências de uma planta;
- Diâmetro do caule (DCO): medido com o auxílio de um paquímetro digital, distante 2,0 cm do local de corte das plantas, considerando a média de duas medidas coletadas em posições perpendiculares;
- Massa fresca de folhas (MFFOL), massa fresca de inflorescências (MFINFL): obtidas logo após corte e separação das diferentes partes das plantas, por meio de uma balança analítica de precisão, com quatro casas decimais;
- Massa seca de folhas (MSF) e massa seca de inflorescências (MSINFL): após a separação das diferentes partes da planta, cada material foi acondicionado em sacos de papel, etiquetados e colocados em estufa a 65°C, com circulação forçada de ar até alcançarem peso constante. Posteriormente à secagem, os materiais foram pesados individualmente em balança eletrônica, sendo a massa seca total (MST) obtida pelo somatório das diferentes partes da planta ($MST = MSFOL + MSINFL$);
- Área foliar (AF): Determinada pelo método da coleta de discos foliares com o auxílio de um furador, ajustando-se o seu diâmetro de acordo com o tamanho das folhas de cada cultivar, retirando-se 25 discos foliares por planta. Para sua determinação, utilizou-se a equação 1.

$$AF = \frac{(MSF \times AD)}{MSD} \quad (1)$$

Em que:

AF – área foliar, cm²;

MSF – massa seca de folhas, g;

AD – área do disco, cm²;

MSD – massa seca dos discos, g.

- Área foliar específica (AFE): Obtida pela razão entre área foliar e a massa seca de folhas (AF/MSF), expressa em $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ de MSF. Para a sua determinação, utilizou-se a equação 2.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (2)$$

Em que:

AFE – área foliar específica, $\text{cm}^2 \text{ g MSF}$;

AF – área foliar, cm^2 ;

MSF – massa seca de folhas, g.

- Razão de área foliar (RAF): Obtida pela divisão da MSF pela MST. Para a sua determinação, utilizou-se a equação 3.

$$RAF = \frac{MSF}{MST} \quad (3)$$

Em que:

AFE – área foliar específica, $\text{cm}^2 \text{ g MSF}$;

AF – área foliar, cm^2 ;

MSF – massa seca de folhas, g.

- Suculência foliar (SUCFOL): foi obtida pela razão entre a massa de água e a área foliar, conforme equação 4.

$$SUCFOL = \frac{MFFOL - MSFOL}{AF}$$

Em que:

SUCFOL – suculência foliar, $\text{mg-1 de H}_2\text{O cm}^2 \text{ folha}$;

MFFOL – massa fresca de folhas, g planta-1;

MSFOL – massa seca de folhas, g planta-1;

AF – área foliar, $\text{cm}^2 \text{ planta-1}$.

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância pelo teste F, médias comparadas pelo teste de Scott-Knott para genótipo e t para Salinidade a 5% de probabilidade, divergência genética pelo método UPGMA usando a distância euclidiana, classificação da tolerância pelo método da Função de pertinência (Lógica Fuzzy), regressão múltipla para predição da função de pertinência, programa R (Core Team R, 2024).

3 RESULTADOS

Análise de Variância e Coeficiente de tolerância

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para os efeitos de salinidade e genótipo em todos os caracteres avaliados. A exceção foi para a salinidade no caráter altura de planta (Tabela 2). Por outro lado, verificou-se efeito da interação entre os dois fatores estudados para todos os caracteres, exceto o diâmetro do caule.

Tabela 2. Valores de F de Snedecor e Quadrado médio do resíduo para a análise de variância de caracteres avaliados em genótipos de manjeriço submetidos a dois níveis de salinidade na água de irrigação.

Caráter	Valor de F			CV _E (%)
	Salinidade (S)	Genótipo (G)	S x G	
	(gl = 1)	(gl = 21)	(gl = 21)	
ALT	3,82 ^{ns}	32,11 ^{**}	2,86 ^{**}	15,26
DCO	82,59 ^{**}	1,94 [*]	0,63 ^{ns}	14,79
NFO	83,67 ^{**}	166,15 ^{**}	15,10 ^{**}	26,08
NIN	4,56 [*]	13,95 ^{**}	2,43 ^{**}	31,04
CIN	14,79 ^{**}	26,07 ^{**}	2,71 ^{**}	12,66
MSC	45,16 ^{**}	29,36 ^{**}	6,75 ^{**}	19,64
MSF	117,06 ^{**}	33,61 ^{**}	9,59 ^{**}	17,81
MSI	13,55 ^{**}	29,68 ^{**}	11,77 ^{**}	17,14
MST	103,79 ^{**}	50,65 ^{**}	13,68 ^{**}	11,98
AFO	5,32 [*]	1,86 [*]	1,71 [*]	17,54
AFE	24,37 ^{**}	12,18 ^{**}	11,99 ^{**}	13,09
SUF	11,00 ^{**}	8,64 ^{**}	7,39 ^{**}	25,42
RAF	147,10 ^{**}	63,98 ^{**}	10,65 ^{**}	11,84

Fonte: A autora (2025). ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NFO: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CIN: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria

seca total; AFO: área foliar; AFE: área foliar específica; SUF: suculência foliar; RAF: razão da área foliar. **, *: Significativo a 1 e 5% pelo teste F de Snedecor. Valores entre parêntesis correspondem aos graus de liberdade (gl).

O valor médio dos caracteres nas duas salinidades e a média do coeficiente de tolerância à salinidade estão apresentados na Tabela 2. Verificou-se para praticamente todos os caracteres, com exceção da altura de planta, incremento dos valores médios dos caracteres com o aumento da salinidade. Esse fato foi corroborado com as magnitudes do coeficiente de tolerância (DC) que reflete a razão entre a média do caráter avaliado na salinidade 7,0 sobre a avaliação em 0,5 dS m⁻¹.

Ainda considerando as estimativas do DC, constata-se diferença na sensibilidade dos caracteres ao estresse salino. Os caracteres com maiores DC, em ordem decrescente, foram altura da planta (ALT), área foliar específica (AFE), comprimento da inflorescência (CIN) e massa seca da inflorescência (MSI). Por outro lado, o número de folhas (NF) e área foliar (AFO) foram aqueles caracteres com menor DC (Tabela 3).

Tabela 3. Médias de caracteres e do coeficiente de tolerância avaliados em genótipos de manjeriço submetidos a dois níveis de salinidade na água de irrigação.

Caráter	Salinidade (dS m ⁻¹)		DC
	0,5	7,0	
ALT	43,56 ± 14,09 a	41,65 ± 13,08 a	0,956
DCO	12,69 ± 1,00 a	10,36 ± 0,93 b	0,816
NFO	1159,29 ± 1394,68 a	805,94 ± 1014,83 b	0,695
NIN	97,51 ± 42,36 a	88,23 ± 40,12 b	0,905
CIN	21,25 ± 5,08 a	19,74 ± 4,76 b	0,929
MSC	23,8 ± 10,21 a	19,49 ± 7,67 b	0,819
MSF	23,25 ± 10,29 a	17,35 ± 5,95 b	0,746
MSI	28,96 ± 12,13 a	26,33 ± 9,24 b	0,909
MST	76,09 ± 26,89 a	63,26 ± 19,96 b	0,831
AFO	5342,27 ± 2430,97 a	3931,96 ± 2960,38 b	0,736
AFE	248,13 ± 112,28 a	230,84 ± 124,12 b	0,930
SUF	59,09 ± 21,41 ^a	52,03 ± 18,45 b	0,881
RAF	74,77 ± 30,87 a	62,9 ± 33,23 b	0,841

Fonte: A autora (2025). ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NFO: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CIN: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria seca total; AFO: área foliar; AFE: área foliar específica; SUF: suculência foliar; RAF: razão da

área foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student ($p>0,05$).

As médias de DC para os genótipos de manjeriço avaliados nos dois níveis de salinidade na água de irrigação estão na Tabela 3. Os genótipos variaram em seis dos 13 caracteres avaliados. Para o diâmetro do caule (DCO), número de inflorescência (NIN), comprimento de inflorescência (CIN), a área foliar (AFO), a área foliar específica (AFE), suculência foliar (SUF) e a razão foliar (RAF), os genótipos foram agrupados no mesmo grupo.

Com relação à ALT, foram formados dois grupos de genótipos. O primeiro grupo foi unitário com o genótipo Fino Francês de maior média. O segundo grupo foi composto pelos demais genótipos, com médias variando de 0,69 (Roxo) a 1,17 (Manóho).

Para NFO, houve a formação de três grupos de genótipos (Tabela 4). O primeiro grupo foi composto apenas pelo genótipo Fino Francês com o maior valor de DC. O segundo grupo foi formado pelos genótipos que variaram de 0,90 (Albahaca Fragnanza) a 1,11 (Dante), ao passo que o terceiro grupo contemplou os demais genótipos, com as menores médias variando de 0,28 (Folha Fina) a 0,85 (Basilicão).

Para a matéria seca do caule (MSC), foram formados três grupos de genótipos. O primeiro, formado pelos genótipos com maiores médias, foi constituído por oito genótipos com médias variando de 0,86 (Folha Fina) até 1,57 (Genovese). O segundo grupo contemplou sete genótipos com médias de 0,56 (G02) a 0,85 (Fino Francês). O último grupo foi formado por genótipos com as médias variando de 0,53 (Roxo Feltrin) a 1,05 (Dante).

Os genótipos foram contemplados em três grupos para a matéria seca da folha (MSF) (Tabela 4). O primeiro grupo foi formado pelos genótipos Limoncello e Genovese, com médias de 1,38 e 1,11 respectivamente. O segundo grupo foi composto por seis genótipos com médias variando de 0,64 (Dante) a 1,22 (Microverde). O último grupo foi composto pelos demais genótipos, com médias de 0,43 (Gemini) a 0,81 (Roxo).

Cinco grupos de genótipos foram compostos para a matéria seca da inflorescência (MSI) (Tabela 4). O primeiro grupo foi unitário com o genótipo microverde de maior média (3,46). O segundo grupo também foi composto por apenas um genótipo (Genovese) com a média de 2,23. O terceiro grupo foi composto por três genótipos, com médias variando de 1,50 (Manjerona) a 1,60 (Basilicão VR). O quarto grupo foi formado por sete genótipos com médias variando de 0,98 (roxo) a 1,20 (Cannela). O quinto grupo foi formado pelos genótipos com as menores médias, sendo a menor 0,41 (Albahaca Fragnanza) e a maior 0,91 (Roxo Feltrin).

Relativamente à matéria seca total (MST), foram formados quatro grupos. A maior média foi observada no genótipo Microverde (1,52), que formou o primeiro grupo. O segundo grupo foi composto por cinco genótipos, com médias variando de 1,07 (Basilcão VR) a 1,20 (Cannela). O terceiro grupo foi composto por nove genótipos, com médias que variaram de 0,74 (Albahaca Fragnanza) a 0,86 (Roxo).

Considerando todas as variáveis, os genótipos foram agrupados em três grupos a partir do método hierárquico UPGMA considerando a matriz de distâncias euclidianas (Figura 1). A correlação cofenética entre a matriz de distâncias originais e a matriz final de distâncias de 0,72 indica que o método UPGMA foi eficiente no agrupamento.

O primeiro grupo foi constituído pelo genótipo Manoho, que apresentou elevado valor de coeficiente de tolerância para os caracteres área foliar, área foliar específica e razão de área foliar.

O segundo grupo foi formado pelos genótipos Genovese e Microverde, que apresentaram elevado valor de coeficiente de tolerância para as massas secas e frescas da inflorescência.

O terceiro grupo foi composto pelos demais genótipos, a maioria com baixo valor do coeficiente de tolerância para todas as características avaliadas (Figura 1). Dentre esses genótipos, o Fino Francês apresentou elevado valor do coeficiente de tolerância para suculência foliar.

Tabela 4. Médias do coeficiente de tolerância à salinidade de caracteres avaliadas em genótipos de manjeriço submetidos à dois níveis de salinidade na água de irrigação.

Genótipo	Coeficiente de Tolerância à Salinidade (DC) / Caracteres												
	ALT	DCO	NFO	NIN	CIN	MSC	MSF	MSI	MST	AFO	AFE	SUF	RAF
Albahaca Alfavaca	0,85b	0,77a	0,55c	0,56a	0,59a	0,75b	0,66c	1,12d	0,82c	0,61a	0,92a	0,93a	0,74a
Albahaca Basil	0,87b	0,73a	1,06b	0,73a	0,56a	1,21a	1,07b	1,12d	1,12b	0,99a	0,93a	0,78a	0,90a
Albahaca Fragnanza	0,87b	0,86a	0,90b	0,64a	0,75a	0,88c	0,60c	0,77e	0,74c	0,58a	1,02a	1,09a	0,79a
Basilicão	1,06b	0,78a	0,85c	0,72a	0,83a	0,68b	0,74c	0,41e	0,58d	0,56a	0,75a	1,40a	0,97a
Basilicao VR	0,86b	0,85a	0,40c	0,45a	0,64a	0,84b	0,80c	1,60c	1,07b	0,82a	1,03a	0,54a	0,76a
Cannela	0,99b	0,86a	0,72c	0,91a	0,91a	1,23a	1,18b	1,20d	1,20b	0,93a	0,84a	0,95a	0,80a
Dante	1,10b	0,93a	1,11b	0,74a	0,74a	1,05c	0,64b	0,72e	0,77c	0,55a	0,88a	1,32a	0,72a
Fino Francês	1,87a	0,95a	1,54a	0,75a	0,61a	0,85b	0,81c	0,72e	0,77c	0,60a	0,70a	2,99a	0,76a
Folha Fina	0,97b	0,77a	0,28c	0,33a	0,31a	0,86a	1,14c	0,52e	0,69d	1,18a	1,03a	0,26a	1,74a
Gemini	0,83b	0,80a	0,58c	0,60a	0,55a	0,56c	0,43c	0,87e	0,58d	0,34a	0,81a	1,96a	0,58a
Gennaro	0,82b	0,75a	1,00b	0,67a	0,61a	0,69c	0,58c	1,09d	0,79c	0,71a	1,27a	0,95a	0,91a
Genovese	0,91b	0,82a	0,66c	0,70a	0,69a	1,57a	1,11a	2,23b	1,54a	1,09a	0,98a	0,64a	0,71a
Greco	0,97b	0,86a	0,73c	0,89a	0,98a	1,14a	1,06b	1,54c	1,16b	0,73a	0,69a	1,16a	0,63a
Limoncello	1,05b	0,85a	0,46c	0,54a	0,55a	1,37a	1,38a	0,60e	0,82c	1,31a	0,97a	0,38a	1,61a
Limoncino	0,81b	0,83a	0,83c	0,80a	0,75a	0,66c	0,57c	0,67e	0,64d	0,59a	1,01a	1,54a	0,91a
Manjerona	0,85b	0,76a	0,71c	0,66a	0,61a	0,67c	0,54c	1,50c	0,90c	0,57a	1,07a	1,19a	0,65a
Manoho	1,17b	0,95a	1,00b	0,80a	0,99a	1,22a	1,13b	1,12d	1,13b	4,05a	3,50a	0,53a	3,81a
Microverde	1,05b	0,99a	0,61c	0,90a	0,67a	1,04a	1,22b	3,46a	1,52a	1,19a	0,98a	0,74a	0,79a
Roxo	0,69b	0,72 ^a	0,97b	0,71a	0,65a	0,78b	0,81c	0,98d	0,86c	0,62a	0,76a	1,10a	0,72a
Roxo Feltrin	0,97b	0,83 ^a	0,70c	0,49a	0,52a	0,50c	0,53c	0,91e	0,64d	0,37a	0,71a	1,34a	0,61a
Sabory	1,03b	0,82 ^a	0,78c	0,60a	0,54a	0,77b	0,68c	1,13d	0,84c	0,70a	1,03a	0,86a	0,84a
Toscano	1,28b	0,87 ^a	0,70c	0,63a	0,42a	0,56b	0,75c	0,56e	0,62d	0,55a	0,75a	1,14a	0,89a

Fonte: A autora (2025). ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NFO: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CIN: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria seca total; AFO: área foliar; AFE: área foliar específica; SUF: suculência foliar; RAF: razão da área foliar.

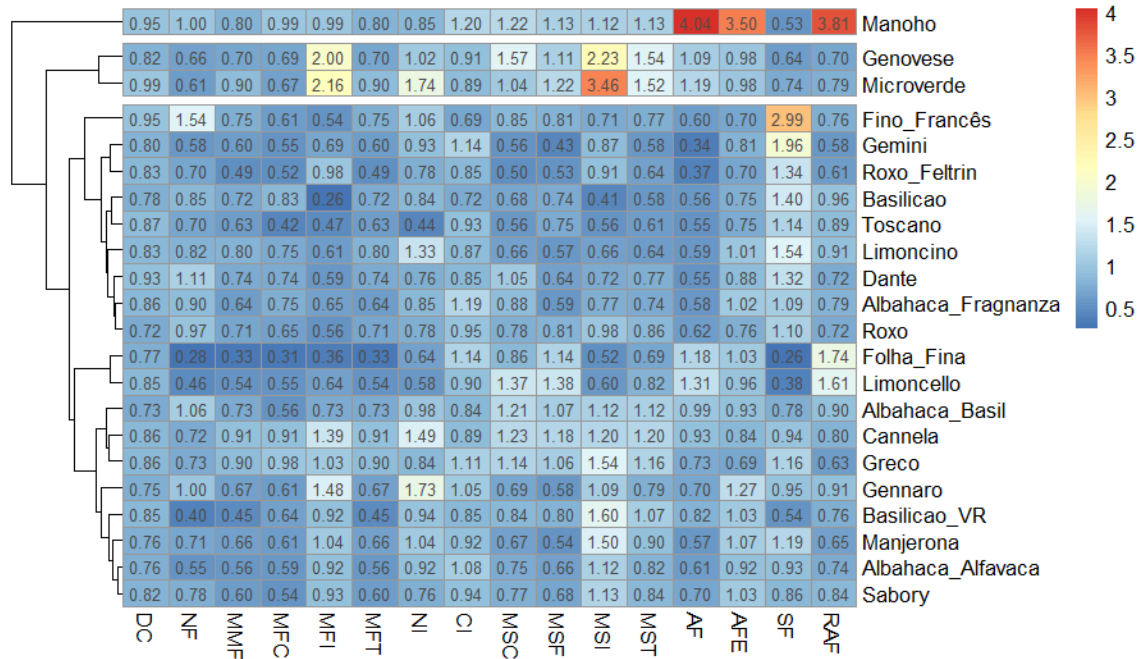


Figura 6. Dendrograma UPGMA obtido pela matriz de dissimilaridade de distâncias euclidianas dos coeficientes de tolerância avaliados em genótipos de manjerição submetidos à dois níveis de salinidade na água de irrigação. Correlação cofenética ($r = 0,72$, $p < 0,05$). ALT: altura da planta; DC: diâmetro do caule; NF: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CI: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria seca total; AF: área foliar; AFE: área foliar específica; SF: suculência foliar; RAF: razão da área foliar. Fonte: A autora (2025).

Correlações entre o coeficiente de tolerância (DC) e função de pertencimento (MFVD)

Ao analisar a Correlação entre o coeficiente de tolerância (DC) e função de pertencimento (MFVD), observou-se correlação positiva forte com os caracteres MSF, AFE, AF, MSC, MST, MSI e RAF (Figura 1). A maior estimativa foi observada entre AF e RAF ($r = 0,95$; $p < 0,05$), ao passo que a menor foi entre DC e MSF ($r = 0,28$; $p < 0,05$). A MSC correlacionou-se positivamente com a MSF, MSI, MST e AF.

Por outro lado, a SF correlacionou-se negativamente com a MSC, MSF, MSI, MST, AF e AFE.

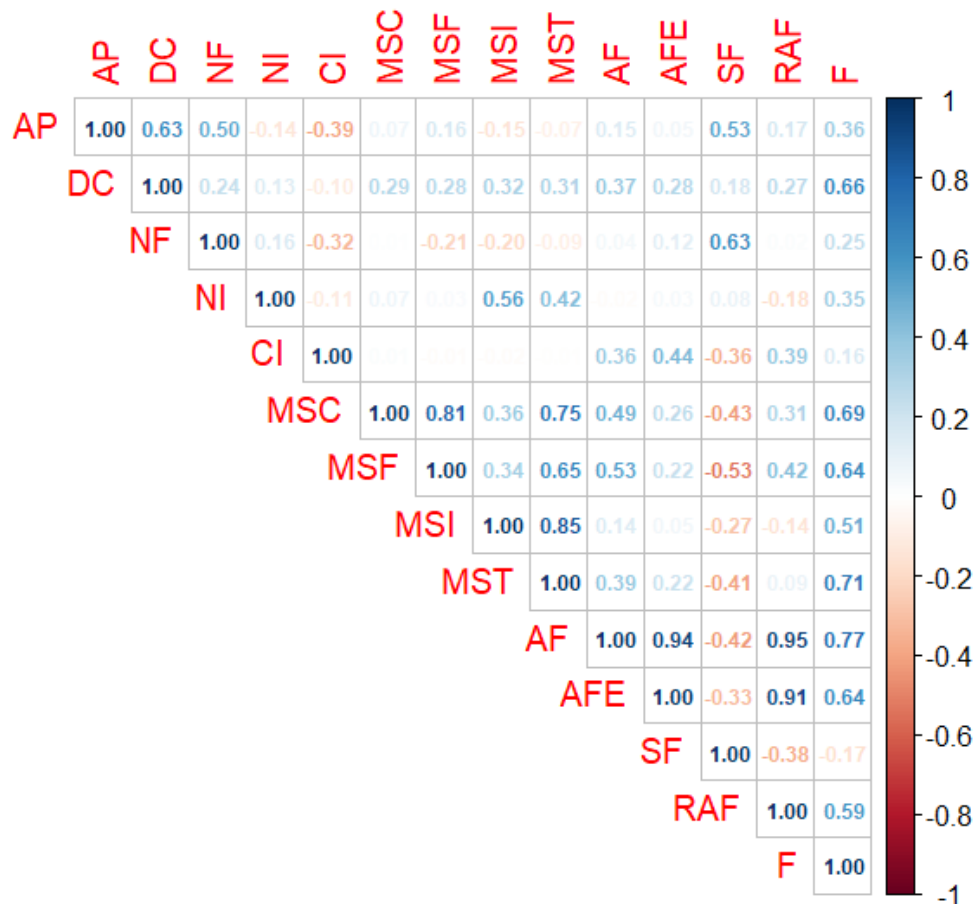


Figura 7. Correlações entre coeficiente de tolerância (DC) e valor da função de pertinência da tolerância à salinidade (MFVD) de caracteres avaliados em genótipos de manjerição submetidos à dois níveis de salinidade na água de irrigação. ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NF: número de folhas; NI: número de inflorescências; CI: comprimento da inflorescência; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MSI: matéria seca da inflorescência; MST: matéria seca total; AF: área foliar; AFE: área foliar específica; SF: suculência foliar; RAF: razão da área foliar. Fonte: A autora (2025).

Classificação dos genótipos quanto à tolerância à salinidade

Concernente à classificação dos genótipos quanto à salinidade, constatou-se que a maior parte dos genótipos foram classificados como moderadamente tolerantes conforme o valor da MFVD (Tabela 5). Os genótipos Manoho e Microverde foram altamente tolerantes. O genótipo Basilcão, com o menor valor de MFVD, foi o único altamente suscetível, ao passo que o Roxo Feltrin foi suscetível.

Tabela 5. Classificação dos genótipos quanto à tolerância à salinidade em função de pertencimento (MFVD).

Genótipo	MFVD	Classificação
Albahaca Alfavaca	0.234	Moderadamente Tolerante
Albahaca Basil	0.320	Moderadamente Tolerante
Albahaca Fragnanza	0.294	Moderadamente Tolerante
Basilicão	0.186	Altamente Suscetível
Basilicao VR	0.264	Moderadamente Tolerante
Cannela	0.403	Moderadamente Tolerante
Dante	0.302	Moderadamente Tolerante
Fino Francês	0.422	Moderadamente Tolerante
Folha Fina	0.260	Moderadamente Tolerante
Gemini	0.214	Moderadamente Tolerante
Gennaro	0.301	Moderadamente Tolerante
Genovese	0.427	Moderadamente Tolerante
Greco	0.378	Moderadamente Tolerante
Limoncello	0.330	Moderadamente Tolerante
Limoncino	0.242	Moderadamente Tolerante
Manjerona	0.236	Moderadamente Tolerante
Manoho	0.650	Altamente Tolerante
Microverde	0.525	Altamente Tolerante
Roxo	0.225	Moderadamente Tolerante
Roxo Feltrin	0.177	Suscetível
Sabory	0.254	Moderadamente Tolerante
Toscano	0.216	Moderadamente Tolerante
Média	0.312	
Desvio padrão	0.116	

Fonte: A autora (2025).

Tolerância à salinidade explicada por múltiplos coeficientes de tolerância (DC) dos caracteres avaliados

Estimativas de coeficiente de regressão, coeficiente de determinação parcial (R^2), erro padrão, valor t, bem como a probabilidade para os coeficientes de tolerância selecionados no modelo de regressão múltipla para a predição de MFVD são exibidos na Tabela 5.

Os resultados indicaram que a MST e a RAF foram as variáveis que mais explicaram a variação do MFVD, com 10,25 e 14,28%, respectivamente. No total, 98,66% da variação no MFV foram atribuídos às sete variáveis selecionadas no modelo. A equação de predição para MFVD foi $MFVD = -0,625 + 0,103*ALT + 0,335*DCO + 0,065*NFO + 0,074*NIN + 0,158*CIN + 0,184*MST + 0,062*RAF$. Verificou-se que todos os caracteres contribuem positivamente para o valor de MFVD, isto é, para ampliar a tolerância à salinidade.

Tabela 6. Estimativa do coeficiente de regressão, coeficiente de determinação parcial (R^2), erro padrão e valor t do coeficiente de tolerância selecionados no modelo de regressão múltipla para a predição de MFVD.

Variável Independente	Estimativa	R^2 parcial (%)	Erro padrão	T
Intercepto	-0,625	-	0,039	-15,927**
AP	0,103	9,922	0,019	5,444**
DCO	0,335	7,389	0,053	6,322**
NFO	0,065	9,914	0,012	5,608**
NIN	0,074	9,655	0,010	7,415**
CIN	0,158	9,758	0,023	6,810**
MST	0,184	10,259	0,018	10,289**
RAF	0,062	14,2814	0,005	13,380**
R^2 Ajustado		98,66		

Fonte: A autora (2025). ALT: altura da planta; DCO: diâmetro do caule; NFO: número de folhas; NIN: número de inflorescências; CIN: comprimento da inflorescência; MST: matéria seca total RAF: razão da área foliar, ** Significativo a 1% pelo teste t de Student.

4 DISCUSSÕES

Um dos principais estresses abióticos que afetam negativamente o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas é a salinidade, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde a irrigação frequentemente é realizada com águas salinas, pois muitas vezes é um único recurso disponível. No presente estudo, avaliou-se a resposta de 22 genótipos de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) submetidos a dois níveis de salinidade, destacando-se os efeitos da condutividade elétrica de 7,0 dS m⁻¹ sobre o desempenho fisiológico das plantas.

Os resultados demonstram que a salinidade afeta mais intensamente as folhas das plantas do que as outras partes, corroborando observações de outros autores que relatam maiores reduções em variáveis relacionadas ao desenvolvimento foliar sob condições salinas (Maia *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2021). Essa redução do crescimento foliar decorre da menor absorção de água e nutrientes, o que pode causar sintomas como amarelecimento, necrose e diminuição da área fotossinteticamente ativa (Taiz *et al.*, 2017).

A manutenção de uma área maior destinada à fotossíntese e maiores taxas fotossintéticas por unidade de área foliar são dois indicadores importantes da tolerância ao estresse salino (Munns & Tester, 2008).

Dentre os genótipos avaliados, Manoho e Microverde demonstraram elevada tolerância à salinidade, sendo classificados como altamente tolerantes, o que pode estar associado a mecanismos fisiológicos eficientes, como a exclusão seletiva de íons tóxicos (Na⁺ e Cl⁻), acúmulo de solutos compatíveis e ativação do sistema antioxidante, os quais contribuem para a manutenção da homeostase osmótica e a integridade das membranas celulares sob condições de estresse (Ciriello *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2023). Tais respostas moleculares e bioquímicas são essenciais para evitar a redução significativa do crescimento e da fotossíntese em ambientes salinos (Herwibawa *et al.*, 2024).

Por outro lado, o genótipo Basilcão foi classificado como altamente suscetível, apresentando severas reduções morfofisiológicas em resposta à salinidade, comportamento que pode ser atribuído à baixa capacidade de exclusão iônica e à deficiência na ativação de rotas de sinalização e defesa celular, o que resulta em acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) e dano oxidativo (Faliagka *et al.*, 2021). Por sua vez, o genótipo Roxo Feltrin, classificado como suscetível, apresentou sintomas menos severos, sugerindo resposta fisiológica intermediária, provavelmente por mecanismos parciais de adaptação, como a modulação estomática e alterações no metabolismo secundário (Silva *et al.*, 2023).

De modo geral, esses resultados reforçam a existência de ampla variabilidade genética quanto à resposta à salinidade entre os genótipos de manjerição, o que é consistente com estudos anteriores que ressaltam o potencial do gênero *Ocimum* para programas de melhoramento visando à tolerância ao estresse salino (Herwibawa *et al.*, 2024; Ciriello *et al.*, 2024). A identificação de genótipos como Manoho e Microverde, com desempenho superior sob elevada condutividade elétrica, representa um avanço estratégico para o desenvolvimento de cultivares mais resilientes, capazes de sustentar a produtividade em ambientes salinizados, contribuindo, assim, para a sustentabilidade da horticultura em regiões vulneráveis às mudanças climáticas.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos Manoho e Microverde foram classificados como altamente tolerantes à salinidade de 7,0 dS m⁻¹.

O genótipo Basilicão foi classificado como altamente suscetível.

O genótipo Roxo Feltrin foi classificado como suscetível à salinidade de 7,0 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS

- CIRIELLO, M.; FUSCO, G. M.; COLLA, G.; KYRIACOU, M. C.; SABATINO, L.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y.; CARILLO, P. Adaptation of basil to salt stress: Molecular mechanism and physiological regulation. **Plant Stress**, 11, 100431, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100431>.
- CIRIELLO, M.; CIRILLO, V.; FORMISANO, L.; DE PASCALE, S.; ROMANO, R.; FUSCO, G. M.; NICASTRO, R.; CARILLO, P.; KYRIACOU, M. C.; SOTERIOU, G. A.; ROUPHAEL, Y. Salt-Induced Stress Impacts the Phytochemical Composition and Aromatic Profile of Three Types of Basil in a Genotype-Dependent Mode. **Plants** (Basel), 30;12(11):2167, 2023 May. doi: 10.3390/plants12112167. PMID: 37299145; PMCID: PMC10255373.
- FALIAGKA, S.; ELVANIDI, A.; SPANOUDAKI, S.; KUNZE, A.; MAX, J. F. J.; KATSOULAS, N. Effect of NaCl or Macronutrient-Imposed Salinity on Basil Crop Yield and Water Use Efficiency. **Horticulturae** 2021, 7, 296. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090296>.
- FARSARAEI, S.; MOGHADDAM, M.; PIRBALOUTI, A. G. Changes in growth and essential oil composition of sweet basil in response of salinity stress and superabsorbents application. **Scientia Horticulturae**, v. 271, p. 1-12, 2020.
- HERWIBAWA, B.; ALBERTUS, R.; IRAWAN, F. IRAWAN. Salicylic acid promotes tolerance to salt stress of Indonesian lemon basil (*Ocimum africanum* Lour.). **IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology**, v. 11,0 Issue 06, June 2024.
- MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2017.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing (version 4.3.1) [Software]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.Rproject.org/>. 2024.
- SILVA, T.; LOPES, A.; DIAS, M.; GONÇALVES, A. Salicylic acid relieves salt stress damage on basil growth. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 4, p. 51-63, 2023.
- SCAGEL, C. F.; LEE, J.; MITCHELL, J. N. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 127, p. 119-128, 2019.
- LIU, C. Y.; ZHAO, Y. J.; ZHAO, X. Q.; WANG, J. P.; GU, M. M.; YUAN, Z. H. Transcriptomic profiling of pomegranate provides insights into salt tolerance. **Agronomy**, 2020, 10, 44. [CrossRef] 8.

AL-JANABIA, A. M. I.; AL-DULAIMY, A. F. Z.; SEKHI, Y. S.; ALMOHAMMEDI, O. H. M.; AL-TAEY, D. K. A. Effect of Salt Stress on Growth and Yield of Plants: **A Review. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.** 2024, 1371, 042028. [CrossRef].

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

CAPÍTULO III – TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE MANJERICÃO SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO EM DOIS SISTEMAS HIDROPÔNICOS

RESUMO

O manjericão é uma cultivar bastante conhecida pelo seu uso em diversas áreas, como culinária, medicinal, perfumaria, cosmética. Sua produção pode ser afetada sob condição de salinidade. Diante do exposto, esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do estresse salino em manjericão cultivado em dois sistemas hidropônicos. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo dois sistemas hidropônicos (Nutrient Film Technique - NFT e Semi-hidropônico), duas condutividades elétricas da solução nutritiva ($1,8 \text{ dS m}^{-1}$ e $6,5 \text{ dS m}^{-1}$) e dois genótipos (Roxo e Verde), com quatro repetições. Foram avaliadas quanto às seguintes variáveis de trocas gasosas (transpiração, taxa de assimilação líquida, condutância estomática, concentração intercelular de CO_2 , eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência de carboxilação) e variáveis de crescimento (altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas, número de inflorescência, área foliar, massa fresca total, massa seca de folhas, massa seca de caule, massa seca total e área foliar específica). O uso de água salina na solução nutritiva provocou redução para a maioria das variáveis utilizadas, no entanto o efeito do estresse salino foi variável de acordo com o sistema de cultivo e genótipos utilizados. A cv. Roxo mostrou-se mais tolerante ao estresse salino proveniente da solução nutritiva do que a cv. Verde. O sistema de cultivo em substrato proporcionou melhor desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, maior tolerância à salinidade.

Palavras-chave: Hidroponia. Condutividade elétrica. Fotossíntese.

ABSTRACT

Basil is a well-known cultivar for its use in a variety of fields, including culinary, medicinal, perfumery, and cosmetics. Its production can be affected by salinity. Given the above, this study aimed to evaluate the effect of saline stress on basil grown in two hydroponic systems. A completely randomized design was adopted, in a $2 \times 2 \times 2$ factorial scheme, with two hydroponic systems (Nutrient Film Technique - NFT and Semi-hydroponic), two electrical conductivities of the nutrient solution (1.8 dS m^{-1} and 6.5 dS m^{-1}), and two genotypes (Purple and Green), with four replicates. The following gas exchange variables were evaluated (transpiration, net assimilation rate, stomatal conductance, intercellular CO_2 concentration, water use efficiency, intrinsic water use efficiency and carboxylation efficiency) and growth variables (plant height, stem diameter, number of leaves, number of inflorescences, leaf area, total fresh mass, leaf dry mass, stem dry mass, total dry mass and specific leaf area). The use of saline water in the nutrient solution resulted in reductions in most of the variables studied. However, the effect of saline stress varied according to the cultivation system and genotypes used. The Roxo cultivar was more tolerant to saline stress from the nutrient solution than the Verde cultivar. The substrate cultivation system resulted in better plant development and, consequently, greater tolerance to salinity.

Keywords: Hydroponics. Electrical conductivity. Photosynthesis.

1 INTRODUÇÃO

A salinidade do solo e da água constitui um dos principais fatores abióticos limitantes à produtividade agrícola em regiões áridas e semiáridas, afetando negativamente o crescimento, o metabolismo e o rendimento das culturas (Munns & Tester, 2008; Machado & Serralheiro, 2017). Estima-se que mais de 20% das áreas irrigadas globalmente estejam afetadas por algum grau de salinização, comprometendo a segurança alimentar e exigindo o desenvolvimento de estratégias agronômicas e biotecnológicas para mitigar seus efeitos (FAO, 2021). Nesse contexto, os sistemas hidropônicos têm se destacado como alternativa sustentável e tecnicamente eficiente, sobretudo pela possibilidade de controle preciso dos fatores ambientais e nutricionais, além da redução da dependência de solos potencialmente salinos (Resh, 2022).

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.), pertencente à família Lamiaceae, é uma planta aromática amplamente cultivada por suas diversas propriedades, principalmente medicinal, condimentar e farmacológica. Sua produção em sistema hidropônico tem ganhado relevância devido à maior eficiência no uso da água, à padronização da qualidade e ao aumento da produtividade por área, especialmente em cultivos protegidos (Santos *et al.*, 2023). No entanto, a exposição a condições de salinidade, mesmo em sistemas hidropônicos, pode comprometer significativamente aspectos fisiológicos, bioquímicos e produtivos da cultura, exigindo estudos detalhados sobre sua tolerância e mecanismos adaptativos (Chrysargyris *et al.*, 2019).

A maioria dos estudos realizados no Brasil sobre o uso de águas salobras em sistemas hidropônicos tem se concentrado em hortaliças folhosas como rúcula, agrião e sobretudo alface, o que é compreensível, uma vez que essas espécies predominam na produção hidropônica nacional (Paulus *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2010; Soares *et al.*, 2010; Alves *et al.*, 2011). Por outro lado, outras culturas são opções para a diversificação do cultivo hidropônico como manjericão, hortelã, espinafre, dentre outras, para atender a um número cada vez maior de consumidores interessados.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do estresse salino em manjericão cultivado em dois sistemas hidropônicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado entre os meses de maio e julho de 2021, em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil (5° 12' 04" LS; 37° 19' 39" LO e altitude média de 18 m).

A casa de vegetação possui estruturação com revestimento metálico e cobertura com material plástico transparente próprio contra a incidência direta dos raios ultravioletas, medindo 7 m de largura por 18 m de comprimento, totalizando uma área de 126 m², com pé direito de 4,0 m de altura.

Durante o experimento, foram coletados dados climáticos referentes às temperaturas máximas (Tmax), médias (Tmed) e mínimas (Tmin), assim como para umidade relativa do ar máxima (URmax), média (URmed) e mínima (URMin), utilizando uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, modelo CR1000), instalada no interior da casa de vegetação. Foram observadas variações de 27,99 a 38,14 °C para Tmax; 27,28 a 31,96 °C para Tmed; 20,82 a 28,29 °C para Tmin. Para a UR, as variações foram de 56,17 a 100% para URmax, 48,16 a 88,63 para URmed e 22,89 a 78,96% para URmin.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×2×2, sendo dois sistemas hidropônicos (SH - Semi-hidropônico e NFT - Nutrient Film Technique), duas condutividades elétricas da solução nutritiva (1,8 e 6,5 dS m⁻¹) e dois genótipos de manjerição (Grecco a Palla e Basilcão Vermelho Rubi).

Para o preparo das soluções nutritivas, utilizou-se água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, cujas análises físicas e químicas determinaram as seguintes características: pH= 7,30; CE= 0,56 dS m⁻¹; Ca²⁺= 3,10; Mg²⁺= 1,10; K⁺= 0,30; Na⁺= 2,30; Cl⁻= 1,80; HCO₃⁻= 3,00 e CO₃²⁻= 0,20 (mmolc L⁻¹). A água utilizada no preparo da solução nutritiva de maior CE (6,5 dS m⁻¹) foi preparada pela adição de NaCl comercial, até obter CE da água de 5,0 dS m⁻¹.

Para as duas condutividades elétricas da solução nutritiva, utilizou-se como base a

solução nutritiva recomendada por Furlani *et al.* (1999) para o cultivo de folhosas, contendo as seguintes quantidades de fertilizantes, em g 1000 L⁻¹: 750 g de nitrato de cálcio, 500 g de nitrato de potássio, 400 g de sulfato de magnésio, 150 g de MAP. Para os micronutrientes, foram utilizados produtos comerciais Dripsol Micro Rexene Equilíbrio (magnésio, 1,1%; boro, 0,85%; cobre (Cu-EDTA), 0,5%; ferro (Fe-EDTA), 3,4 %; manganês (Mn-EDTA), 3,2%; molibdênio, 0,05%; zinco, 4,2%) e Dripsol Micro Ferro Q48 (Quelato de ferro Q48 EDDHA 6%, Dripsol SQM Vitas®), ambos na dosagem de 30 g 1000 L⁻¹.

2.3 SISTEMAS HIDROPÔNICOS

Sistema NFT

O sistema hidropônico NFT foi composto por perfis hidropônicos com 2,0 m comprimentos, contendo quatro furos, espaçados em 0,50 m, um reservatório com capacidade para 100 L, e um conjunto motobomba. O controle das irrigações foi realizado utilizando um temporizador analógico, programado as irrigações de 15 minutos funcionando e 15 min parado, com turno de rega diário no período das 5h00 às 18h00. Durante o período noturno, eram realizadas irrigações de 15 minutos, com intervalos de duas horas.

Diariamente, foi realizado o monitoramento e controle da solução nutritiva a partir da condutividade elétrica, utilizando um condutivímetro portátil, fazendo reposição de nutrientes quando a CE da solução apresentava redução de 10% da CE inicial. Também foram realizados o monitoramento e controle do pH utilizando um pHmetro portátil, ajustando o pH para a faixa entre 5,5 a 6,5. Quando necessário, utilizou-se NaOH (1M) ou HCl (1M) para fazer o ajuste do pH.

Sistema semi-hidropônico

A estrutura de cultivo foi composta por bandejas plásticas (14 x 37 x 60 cm, para altura, largura, comprimento, respectivamente), com capacidade para 20 litros. As bandejas foram acondicionadas em bancada de madeira com 0,5 m de altura, e espaçamento entre bandejas de 0,20 m. O substrato utilizado foi composto pela mistura de fibra de coco e areia fina lavada na proporção 3:1 (v/v). Cada bandeja representou uma parcela experimental, contendo duas plantas da mesma cultivar.

O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento, utilizando emissores do tipo microtubos, os quais foram previamente avaliados sob condições normais de operação, com os emissores acoplados às linhas de irrigação (tubos de polietileno). Foram montados dois sistemas independentes, um para a água de menor salinidade e outro para a água de maior

salinidade. Os sistemas foram compostos por uma motobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076, acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência, um reservatório (caixa d'água com capacidade para 500 L), mangueiras de 16 mm e microtubos.

O controle das irrigações foi feito utilizando um temporizador digital, programado para seis eventos diários, iniciando às 6h00 com duração de dez minutos e intervalo de duas horas, com duração de um minuto cada evento. O sistema funcionou de forma aberta, não havendo coleta nem reaproveitamento da solução nutritiva drenada.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Trocas gasosas

A análise de trocas gasosas foi realizada nas primeiras horas do dia, aos 60 dias após o transplântio (DAT) utilizando um analisador de gás no infravermelho modelo “LCPro +” – ADC Bio Scientific Ltd., operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol de fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e vazão de ar de 200 Ml min^{-1} no nível atmosférico de CO_2 . As seguintes variáveis de trocas gasosas foram avaliadas: transpiração (E – $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida (A – $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s – $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e concentração interna de CO_2 (C_i – $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol ar}^{-1}$). A partir da determinação dessas variáveis, foram obtidas a eficiência do uso da água ($\text{EU}_a = A/E$), eficiência intrínseca do uso da água ($\text{EiU}_a = A/G_s$) e a eficiência de carboxilação instantânea ($\text{EiC}_i = A/C_i$).

Crescimento

As plantas foram coletadas aos 65 dias após o transplântio (DAT), sendo avaliadas as seguintes variáveis:

Altura de plantas (ALT), medida com o auxílio de uma fita métrica graduada em cm, medindo-se a superfície do substrato até o ápice caulinar;

Diâmetro do caule (DC), medido com o auxílio de um paquímetro digital, distante 2,0 cm do local de corte das plantas, considerando a média de duas medidas coletadas em posições perpendiculares;

Número de folhas (NF), contabilizando-se todas as folhas maiores que 1,0 cm;

Número de inflorescências (NI), contabilizadas após a colheita das plantas, considerando as hastes secundárias emitidas do ramo principal;

Massa fresca total (MFT), obtida imediatamente após a colheita, utilizando uma balança analítica (0,01 g);

Massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca de total, obtidas após a separação das diferentes partes da planta, onde cada material foi acondicionado em sacos de papel, etiquetado e colocado em estufa a 65°C, com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Posteriormente à secagem, os materiais foram pesados individualmente em balança eletrônica, sendo a massa seca total (MST) obtida pelo somatório das diferentes partes da planta (MST= MSF+MSC);

A área foliar (AF) foi determinada pelo método da coleta de discos foliares com o auxílio de um furador, ajustando-se o seu diâmetro de acordo com o tamanho das folhas de cada cultivar, retirando-se 25 discos foliares por planta. Para a sua determinação, utilizou-se a equação 1.

$$AF = \frac{(MSF \times AD)}{MSD}$$

(1)

onde:

AF – área foliar, cm² planta⁻¹;

MSF – massa seca de folha, g planta⁻¹;

MSD – massa seca de disco, g;

AD – área de disco, cm².

A área foliar específica (AFE) foi obtida pelo quociente entre a área foliar (AF) e a massa seca de folhas (MSF), conforme equação 2.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (2)$$

onde:

AFE – área foliar específica, cm² g⁻¹ MSF;

F – área foliar, cm² planta⁻¹;

MSF – massa seca de folhas, g planta⁻¹.

3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as variáveis que apresentaram resposta significativa foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, realizando o desdobramento entre os fatores sempre que foi identificado efeito significativo da interação entre eles. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico R (Core Team R, 2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trocas gasosas

A variável transpiração (E) foi afetada pela interação entre os fatores Sistemas×Salinidade×Genótipos (S×Sa×G) ($p \leq 0,05$), assim como as variáveis taxa de assimilação líquida (A) e eficiência de carboxilação (EiCi) ($p \leq 0,01$). Ocorreu efeito significativo da interação entre os fatores Sa×G para as variáveis condutância estomática (gs) e eficiência do uso da água (EUA) ao nível de 1% de probabilidade, bem como para a concentração intercelular de CO₂ (Ci) ao nível de 5%. A eficiência instantânea do uso da água foi afetada apenas pelos fatores de forma isolada em níveis de 5% para os fatores S e Sa, e 1% de probabilidade para o fator G (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A), concentração intercelular de CO₂ (Ci), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso de água (EiUa) e eficiência de carboxilação (EiCi) de genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino e dois sistemas hidropônicos.

CV	GL	Quadrados médios						
		E	Gs	A	Ci	EUA	EiUa	EiCi
Sistemas (S)	1	1,24**	4154,16 ^{ns}	67,98**	836,40 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,00029*	0,00094**
Salinidade (Sa)	1	0,001 ^{ns}	12051,28 ^{ns}	0,07 ^{ns}	351,12 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,00031*	0,00001 ^{ns}
Genótipos (G)	1	10,03**	244090,84**	111,75**	1755,28**	1,11*	0,0011**	0,00083**
S × As	1	0,02 ^{ns}	1490,58 ^{ns}	12,88*	131,22 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,00016*
S × G	1	0,0004 ^{ns}	1237,53 ^{ns}	8,88*	183,36 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00014*
Sa × G	1	2,24**	35471,16**	133,58**	918,06*	2,53**	0,00019 ^{ns}	0,0018**
S × Sa × G	1	0,63*	12450,42 ^{ns}	23,56**	40,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,00025**
Resíduo	24	0,13	3085,08	1,70	208,34	0,21	0,000005	0,000021
CV (%)		11,29	17,20	9,66	4,69	10,83	16,27	11,18

Fonte: A autora (2025). *, ** e ns – significativo a 5%, significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A transpiração (E) das plantas foi afetada pela salinidade de forma diferente de acordo com o sistema hidropônico utilizado e os genótipos. No genótipo Roxo, a salinidade foi reduzida a E em 20,18% nas plantas cultivadas no sistema NFT. Por outro lado, a salinidade aumentou a E em 30,33% no genótipo Verde para o sistema NFT. Analisando o efeito dos sistemas hidropônicos, verificou-se que no genótipo Roxo sistema NFT foi superior ao SH na

menor salinidade. Porém, no genótipo Verde, o sistema NFT foi superior na maior salinidade. Comparando-se os genótipos em cada combinação entre salinidades e sistemas hidropônicos, verifica-se que o genótipo Roxo foi superior ao genótipo Verde nos dois sistemas para a menor salinidade, bem como para a maior salinidade no sistema SH (Tabela 2).

Tabela 2. Transpiração (E), taxa de assimilação líquida (A) e Eficiência de carboxilação (EiCi) em genótipos de manjerição submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

		Salinidades	
Genótipos	Sistemas hidropônicos	1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹
Transpiração – E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)			
Roxo	SH	3,64 Ab A	3,43 Aa A
	NFT	4,36 Aa A	3,48 Ba A
Verde	SH	2,26 Aa B	2,55 Ab B
	NFT	2,44 Ba B	3,18 Aa A
Taxa de assimilação líquida – A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)			
Roxo	SH	13,90 Ab A	12,89 Aa A
	NFT	20,85 Aa A	13,87 Ba A
Verde	SH	8,84 Ba B	12,57 Ab B
	NFT	10,26 Ba B	14,89 Aa A
Eficiência de carboxilação – EiCi (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹ / μmol ⁻¹ CO ₂ mol air ⁻¹)			
Roxo	SH	0,043 Ab A	0,037 Aa A
	NFT	0,068 Aa A	0,045 Ba A
Verde	SH	0,027 Ba A	0,042 Ab A
	NFT	0,034 Ba B	0,051 Aa A

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas referentes as salinidades em cada genótipo e sistema hidropônico, minúscula referente aos sistemas hidropônicos em cada salinidade e genótipos, e maiúsculas em itálico, referente aos genótipos em casa salinidade e sistema hidropônico, não diferem entre si pelo teste Tukey (p≤0,05)

Esses resultados corroboram os apresentados por Silva *et al.* (2022) trabalhando com manjerição, cv. Canela, os quais também observaram redução da transpiração das plantas submetidas ao estresse salino. Por outro lado, Nobrega *et al.* (2021), trabalhando com manjerição, observaram aumento da transpiração em resposta ao aumento da salinidade da água de irrigação.

A salinidade afetou a taxa de assimilação líquida (A) de forma diferente de acordo com cada sistema de cultivo e genótipo. No genótipo Roxo, o estresse salino reduziu a A em 33,47% para o sistema NFT. Por outro lado, a salinidade aumentou essa variável nas plantas cultivadas nos dois sistemas hidropônicos, resultando em ganhos de 42,19 e 45,13% para SH

e NFT, respectivamente. O sistema SH foi superior ao NFT no genótipo Roxo quando se utilizou solução nutritiva de menor salinidade. Por outro lado, o sistema SH foi superior para a maior salinidade no genótipo Verde. Analisando os genótipos, verifica-se que o genótipo Roxo foi superior na menor salinidade para ambos os sistemas, bem como na maior salinidade para o sistema NFT (Tabela 2).

Nobrega *et al.* (2021) observaram que a taxa de assimilação líquida de CO₂ foi influenciada de forma quadrática para o aumento da salinidade da água de irrigação. Por outro lado, Silva *et al.* (2022) não observaram efeito da salinidade sobre essa variável em estudo com a cv. Canela. A deposição de sais reduziu a taxa fotossintética devido aos efeitos osmóticos, toxicidade no metabolismo causada por íons e fechamento parcial dos estômatos (Prazeres *et al.*, 2015).

A eficiência de carboxilação (EiCi) foi afetada pela salinidade de forma diferente em função de cada cultivar nos diferentes sistemas de cultivo. No genótipo Roxo, a maior salinidade provocou redução de 33,82% da EiCi para o sistema NFT. Para o genótipo Verde, o aumento da salinidade da solução nutritiva provocou aumento da EiCi nos dois sistemas hidropônicos, resultando em ganhos de 55,55 e 50,00% para SH e NFT, respectivamente. Quanto ao efeito dos sistemas de cultivo, foi observado que o sistema NFT foi superior ao sistema SH no genótipo Roxo para a menor salinidade, assim como para o genótipo Verde na maior salinidade. Pode-se observar ainda diferença entre as cultivares apenas na menor salinidade e para o sistema NFT, em que o genótipo Roxo foi superior ao genótipo Verde (Tabela 2).

Silva *et al.* (2022) observaram maior eficiência de carboxilação nas plantas irrigadas com água de menor salinidade. Por outro lado, Nobrega *et al.* (2021) obtiveram resposta quadrática para a EiCi em resposta ao aumento da salinidade da água de irrigação. A estabilidade da concentração interna de CO₂, associado à redução da eficiência instantânea da carboxilação, é indicativo de que fatores de ordem não estomática, como atividade do PSII, atuaram sobre o processo fotossintético dessas plantas (Silva *et al.*, 2014), uma vez que reduções da assimilação de CO₂ podem resultar em excesso de energia luminosa no PSII, o que causa distúrbios nas reações fotoquímicas e perdas na fotossíntese e, consequentemente, provoca reduções do crescimento das plantas (Freire *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2018).

A condutância estomática (gs) foi afetada pelo aumento da salinidade apenas no genótipo Roxo, ocorrendo redução de 22,76%. Analisando os genótipos, verifica-se que o genótipo Roxo apresentou maiores valores de gs para nas duas salinidades. Além disso, verifica-se que não houve efeito dos sistemas de cultivo sobre a gs (Tabela 3).

Tabela 3. Condutância estomática (gs) e Concentração intercelular de CO₂ (Ci) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Genótipos	Salinidades		Sistemas hidropônicos	
	1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹		
Condutância estomática – gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)				
Roxo	463,04 Aa	357,64 Ba	SH	311,61 a
Verde	221,77 Ab	249,55 Ab	NFT	334,39 a
Concentração intercelular de CO ₂ – (Ci µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)				
Roxo	317,44 Aa	317,52 Aa	SH	313,19 a
Verde	309,34 Aa	292,00 Bb	NFT	302,96 a

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey (p≤0,05)

Nobrega *et al.* (2021) também observam expressiva redução da condutância estomática em manjerição cv. Roxo submetido ao estresse salino. No entanto, Silva *et al.* (2022) não observaram efeito deletério da salinidade sobre a gs em manjerição cv. Canela. Esse fenômeno é tido como o principal mecanismo de tolerância das espécies ao estresse salino visando reduzir a taxa transpiratória. Como consequência, a absorção de água e de sais também é reduzida (Dias *et al.*, 2018), resultando em menores taxas fotossintéticas (Silva *et al.*, 2013), que, por sua vez, restringem o crescimento e o acúmulo de biomassa na maioria das espécies glicófitas expostas ao estresse salino (Bezerra *et al.*, 2018).

O estresse salino afetou a concentração intercelular de CO₂ (Ci) apenas no genótipo Verde, provocando redução de 5,6%. Quanto aos genótipos, verificou-se diferença significativa apenas na maior salinidade, sendo o genótipo Roxo foi superior ao genótipo Verde (Tabela 3). Ainda na Tabela 3, observa-se que não ocorreu diferença significativa na Ci em função dos sistemas de cultivo.

Esses resultados estão diferentes dos apresentados por Silva *et al.* (2022), os quais também observaram aumento da concentração interna de CO₂ em manjerição submetido ao estresse salino. Ciriello *et al.* (2022), trabalhando com cultivares de manjerição (Anise, Cinnamon e Lemon), também observaram redução da Ci em resposta ao estresse salino.

Para a eficiência do uso da água (EUA), foi observado que o estresse salino resultou em aumento de 16,99% para o genótipo Verde, não afetando a EUA no genótipo Roxo. Para os genótipos, ocorreu diferença significativa apenas na maior salinidade, sendo o genótipo

Verde superior ao Roxo. Além disso, verifica-se que os sistemas de cultivo não afetaram a EUA em nenhum dos genótipos (Tabela 4).

Tabela 4. Eficiência do uso da água (EUA) em genótipos de manjerição submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Genótipos	Salinidades		Sistemas hidropônicos	
	1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹		
Roxo	4,31 Aa	3,88 Ab	SH	4,14 a
Verde	4,12 Ba	4,82 Aa	NFT	4,82 a

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

A EUA, expressa pela relação entre a fotossíntese e a transpiração, está relacionada à quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (Taiz *et al.*, 2017). Assim, plantas que tenham capacidade de aumentar a eficiência no uso da água sob condições de salinidade podem possivelmente apresentar alta capacidade de tolerância ao estresse salino, já que a redução do consumo de água implica redução da absorção de íons específicos, evitando, portanto, efeitos tóxicos na planta (Flowers, 2005). Por outro lado, a menor eficiência no uso da água, sob condições de salinidade, pode indicar comprometimento da atividade fisiológica.

A eficiência intrínseca do uso da água (EiUa) foi afetada apenas pelo sistema de cultivo, sendo os maiores valores obtidos nas plantas cultivadas no sistema NFT (Figura 1A). Quanto ao efeito do estresse salino sobre a EiUa, foi observado que o uso de solução nutritiva com maior salinidade proporcionou aumento de 14,63% na EiUa (Figura 1B). Além disso, foi observado que as plantas do genótipo Verde apresentaram maior EiUa em comparação com o Roxo (Figura 1C).

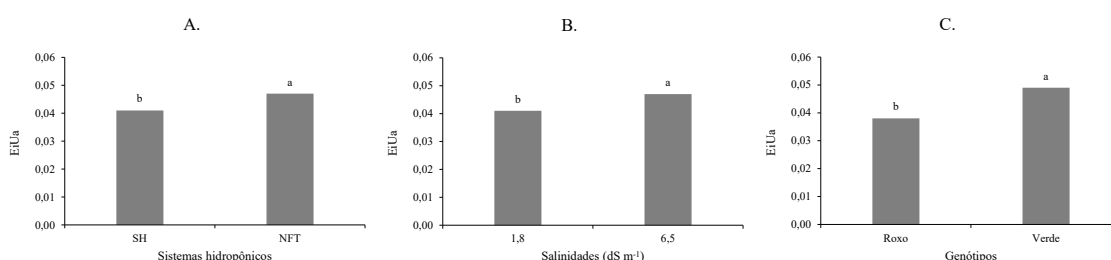


Figura 1. Eficiência intrínseca do uso da água (EUA) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos. Fonte: A autora (2025). Colunas com mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Em condições de estresse salino, altos valores da EiUa sugerem que a planta obtém alta taxa de assimilação líquida, mesmo com fechamento estomático, caracterizando genótipos mais tolerantes. As plantas melhoram o balanço hídrico foliar com a diminuição da transpiração associada à redução da condutância estomática, o que resulta na diminuição da perda de água, aumento da taxa fotossintética e melhor eficiência no uso da água (Acosta-Motos *et al.*, 2017). Dessa forma, verifica-se que a cv. Verde, por ter apresentado menor tolerância à salinidade, apresentou maior EiUa, ao passo que o sistema NFT potencializou o estresse salino nesta cultivar.

Crescimento

As variáveis massa fresca total (MFT), número de inflorescência (NI) e número de folhas (NF) foram afetadas significativamente pela interação entre os fatores S×Sa×G ($p \leq 0,01$). A altura de plantas (AP) foi afetada pela interação S×Sa, e pelos fatores isolados ($p \leq 0,01$). O diâmetro de caule (DC) foi afetado pelas interações S×Sa, S×G e Sa×G ($p \leq 0,01$). Por outro lado, a variável área foliar (AF) foi afetada pela interação Sa×G ($p \leq 0,01$) e pelos fatores isolados Sa ($p \leq 0,01$) e G ($p \leq 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), massa fresca total (MFT), número de inflorescência (NI), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de genótipos de manjeriço submetidos ao estresse salino e dois sistemas hidropônicos.

CV	GL	Quadrados médios					
		AP	DC	MFT	NI	NF	AF
Sistemas (S)	1	60,47**	0,11 ^{ns}	1500,69 ^{ns}	133,37**	5566683,34**	1127401,28 ^{ns}
Salinidade (Sa)	1	264,44**	35,85**	37356,01**	264,44**	5359538,00**	4914330,88**
Genótipos (G)	1	312,44**	115,48**	32993,67**	206,70**	71281800,00**	1369843,52*
S x As	1	180,55**	14,95**	22795,39**	206,71**	729110,19**	90567,68 ^{ns}
S x G	1	16,06 ^{ns}	13,87**	21155,22**	16,06 ^{ns}	7293659,92**	972175,68 ^{ns}
Sa x G	1	20,05 ^{ns}	11,84**	28061,99**	76,04**	5289914,80**	8382055,68**
S x Sa x G	1	9,38 ^{ns}	3,91 ^{ns}	11021,67**	46,73*	6825293,20**	50689,28 ^{ns}
Resíduo	24	4,97	1,41	694,30	6,67	290888,75	275353,77
CV (%)		5,07	10,61	20,82	66,64	26,93	18,39

Fonte: A autora (2025). *, ** e ns – significativo a 5%, significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A altura das plantas (AP) foi afetada pela salinidade da solução nutritiva apenas no sistema hidropônico NFT, provocando redução de 21,13%. Além disso, verificou-se diferença

entre os sistemas de cultivo na maior salinidade, sendo o sistema SH superior ao NFT em 20,09% (Tabela 6). Ainda na Tabela 6, foi observado que o genótipo Roxo foi superior ao genótipo verde em 15,31%.

Tabela 6. Altura de plantas em genótipos de manjeriço submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Sistemas		Salinidades		Genótipos	
Hidropônicos	1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹			
SH	45,83 Aa	44,83 Aa	Roxo	47,08 a	
NFT	47,33 Aa	37,33 Bb	Verde	40,83 b	

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Outros autores trabalhando com manjeriço também têm observado redução do crescimento das plantas em resposta ao estresse salino (Bione *et al.*, 2014; Maia *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2023). A redução do crescimento das plantas se deve aos efeitos nocivos do estresse induzido pelo sal, como a perda de turgor, que dificultam os processos de expansão celular e comprometem o crescimento (Nobrega *et al.*, 2020).

O diâmetro de caule (DC) foi afetado de forma variada pelos tratamentos aplicados de acordo com cada interação dupla. Realizando-se o desdobramento entre os fatores salinidade e sistemas hidropônicos, verifica-se que a salinidade afetou o DC apenas para o sistema NFT, em que o estresse salino provocou redução de 26,81%. Além disso, ocorreram desempenhos variados dos sistemas hidropônicos de acordo com cada salinidade, sendo o NFT superior na CE 1,8 dS m⁻¹, ao passo que o SH foi superior na CE 6,5 dS m⁻¹ (Tabela 7).

Realizando o desdobramento entre os fatores salinidade e genótipos, foi observado que a salinidade reduziu o DC no genótipo Roxo, resultando em redução de 22,64%. Além disso, constatou-se que o genótipo Verde foi superior ao genótipo Roxo nas duas salinidades (Tabela 7). No que diz respeito à interação entre os fatores genótipos e sistemas hidropônicos, foi observado que o genótipo Verde foi superior ao Roxo para ambos os sistemas. Quanto ao efeito dos sistemas, ocorreu diferença significativa apenas no genótipo Verde, no qual o sistema NFT foi superior ao SH (Tabela 7).

Tabela 7. Diâmetro de caule (mm) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Sistemas	Salinidades	
Hidropônicos	1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹
SH	11,50 Ab	10,75 Aa
NFT	12,98 Aa	9,50 Bb
Genótipos		
Roxo	9,73 Ab	8,83 Ab
Verde	14,75 Aa	11,41 Ba
Sistemas	Genótipos	
Hidropônicos	Roxo	Verde
SH	9,88 Ba	12,63 Ab
NFT	8,68 Ba	12,50 Aa

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A massa fresca total (MFT) foi afetada pela salinidade apenas no genótipo Verde e em ambos os sistemas hidropônicos, ocorrendo reduções de 25,62 e 72,62% para os sistemas SH e NFT, respectivamente (Tabela 8). Ainda na Tabela 8, verifica-se diferença significativa entre os sistemas hidropônicos para ambos os genótipos, variando, no entanto, de acordo com a salinidade analisada. No genótipo Roxo, o sistema SH foi superior na CE 6,5 dS m⁻¹, ao passo que no genótipo Verde o sistema NFT foi superior na CE 1,8 dS m⁻¹. Analisando os genótipos, foi observada diferença significativa apenas na menor CE (1,8 dS m⁻¹) no sistema NFT, em que o genótipo Verde foi superior ao Roxo (Tabela 8).

Tabela 8. Massa fresca total, número de inflorescência e número de folhas em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

		Salinidades	
Genótipos	Sistemas hidropônicos	1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹
		Massa fresca total (g planta ⁻¹)	
Roxo	SH	109,75 Aa A	116,90 Aa A
	NFT	88,28 Aa B	62,91 Ab A
Verde	SH	144,65 Ab A	107,59 Ba A
	NFT	300,27 Aa A	82,21 Ba A
		Número de inflorescência	
Roxo	SH	3,00 Aa A	4,30 Ab A
	NFT	1,00 Ba A	17,33 Aa A
Verde	SH	0,00 Aa A	0,00 Ab B
	NFT	0,00 Ba A	5,33 Aa B
		Número de folhas	
Roxo	SH	557,67 Aa B	581,33 Aa B
	NFT	468,00 Aa B	431,66 Aa B
Verde	SH	2477,33 Ab A	2724,00 Aa A
	NFT	6144,67 Aa A	2634,67 Ba A

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas referentes as salinidades em cada genótipo e sistema hidropônico, minúscula referente aos sistemas hidropônicos em cada salinidade e genótipos, e maiúsculas em *itálico*, referente aos genótipos em casa salinidade e sistema hidropônico, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

O efeito negativo no crescimento das plantas de manjerição pelo aumento da salinidade provavelmente se deveu à absorção excessiva de íons como Na⁺ e Cl⁻, alterações no desequilíbrio nutricional e no metabolismo de nutrientes minerais, ou estresse oxidativo devido ao desequilíbrio fisiológico entre oxidantes e antioxidantes (Isayenkov; Maathuis, 2019).

O número de inflorescência (NI) foi afetado pela salinidade em ambos os genótipos, no entanto houve resposta significativa apenas no sistema NFT. Nos dois genótipos, o estresse salino provocou aumento do NI. Analisando o efeito dos sistemas sobre o NI, verificou-se diferença significativa apenas na maior salinidade (6,5 dS m⁻¹), na qual o sistema NFT foi superior ao SH nos dois genótipos. Quanto aos genótipos, foi observada diferença significativa em ambos os sistemas de hidropônicos e apenas na CE 6,5 dS m⁻¹, sendo o genótipo Roxo superior ao Verde nas duas condições (Tabela 8).

De acordo com Taiz *et al.* (2017) em resposta ao estresse salino, as plantas podem alterar seu fenótipo, resultando em alterações anatômicas adaptativas que as capacitam a evitar alguns dos efeitos deletérios da salinidade. A redução do ciclo apresenta-se como uma dessas alterações, o que pode explicar o aumento da biomassa da inflorescência com os incrementos da condutividade elétrica.

O número de folhas (NF) foi afetado pela salinidade apenas no genótipo Verde cultivado no sistema NFT, em que ocorreu redução de 57,12%. Analisando o efeito dos sistemas hidropônicos sobre o NF, verificou-se resposta significativa apenas no genótipo Verde submetido à menor salinidade ($1,8 \text{ dS m}^{-1}$), sendo os maiores valores obtidos nas plantas cultivadas no sistema NFT. Quanto aos genótipos, foi observado que o genótipo Verde foi superior ao genótipo Roxo, independentemente da salinidade ou do sistema hidropônico utilizado (Tabela 8).

Em trabalho com cultivares de manjerição, Barbieri *et al.* (2012) verificaram respostas diferentes para o número de folhas entre as cultivares, onde uma diminuiu e a outra permaneceu constante com o aumento da salinidade. A divergência na resposta dessas cultivares, assim como observado no presente estudo, demonstra a divergência genética em resposta à salinidade para a emissão foliar. Tal variabilidade também foi confirmada por Santos *et al.* (2023).

Analisando a área foliar (AF), verifica-se efeito da salinidade apenas no genótipo Verde, no qual o estresse salino provocou redução de 56,39%. Os genótipos diferiram entre si para a AF nas duas salinidades, sendo o genótipo Roxo superior na maior salinidade ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$), ao passo que o genótipo Verde foi superior na salinidade $1,8 \text{ dS m}^{-1}$. Além disso, verificou-se que não ocorreu diferença significativa entre os sistemas de cultivo, independentemente do genótipo e da salinidade estudada (Tabela 9).

Tabela 9. Área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Genótipos	Salinidades		Sistemas hidropônicos	
	1,8 dS m^{-1}	6,5 dS m^{-1}		
Roxo	3077,0 Ab	3045,0 Aa	SH	3041,8 a
Verde	3686,8 Aa	1607,6 Bb	NFT	2666,4 a

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Barbieri *et al.* (2012) e Santos *et al.* (2023), trabalhando com cultivares de manjerição em condições salinas, verificaram que essa redução está associada ao número de folhas reduzido e ao tamanho da folha característico de cada cultivar. A redução da área foliar é atribuída ao fato de ocorrer menor divisão celular e expansão foliar das plantas em condições de elevada salinidade, gerando consequências como menor crescimento, ocorrendo retardamento da emissão foliar, que, conseqüentemente, reduz a área foliar disponível para fotossíntese (Taiz *et al.*, 2017).

As variáveis massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca total (MST) e área foliar específica (AFE) foram afetadas pela interação entre os fatores sistemas hidropônicos, salinidade e genótipos ($S \times Sa \times G$) em nível de 1% de probabilidade (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância para massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) de genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino e dois sistemas hidropônicos.

CV	GL	Quadrados médios			
		MSF	MSC	MST	AFE
Sistemas (S)	1	12,84**	13,71ns	53,07*	12129,42*
Salinidade (Sa)	1	93,47**	101,35**	389,41**	3246,37ns
Genótipos (G)	1	123,05**	378,33**	932,58**	214720,51**
S x As	1	77,47**	67,48**	289,74**	34869,78**
S x G	1	71,9**	70,42**	283,27**	32578,19**
Sa x G	1	83,37**	135,34**	431,08**	16070,21**
S x Sa x G	1	19,64**	53,17**	137,41**	987,57ns
Resíduo	24	1,63	3,50	8,74	1782,24
CV		12,16	16,01	13,33	14,32

Fonte: A autora (2025). *, ** e ns – significativo a 5%, significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

As variáveis referentes ao acúmulo de biomassa (massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) apresentaram comportamento semelhante aos tratamentos aplicados. O estresse salino ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$) afetou as três variáveis apenas nas plantas da cv. Verde cultivadas no sistema NFT, resultando em reduções de 59,64% para MSF, 58,41% para MSC e 58,97%, para MST, respectivamente, em comparação com os valores obtidos na menor salinidade e no mesmo sistema hidropônico. Além disso, foi observado que o sistema hidropônico SH foi superior na cv. Roxo nas duas salinidades estudadas. Por outro lado, para a cv. Verde, o sistema NFT foi superior na menor salinidade, ao passo que o SH foi superior ao NFT na maior salinidade. Analisando os genótipos em cada combinação salinidade e sistema hidropônico, verifica-se que o genótipo Verde foi superior ao genótipo Roxo na menor salinidade em ambos os sistemas hidropônicos, bem como na maior salinidade no sistema NFT (Tabela 11).

Tabela 11. Massa seca de folhas, massa seca de caule e massa seca total em genótipos de manjerição submetidos ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Genótipos	Sistemas hidropônicos	Salinidades	
		1,8 dS m ⁻¹	6,5 dS m ⁻¹
Massa seca de folhas (g planta ⁻¹)			
Roxo	SH	9,98 Aa B	11,34 Aa A
	NFT	7,28 Ab B	5,55 Ab B
Verde	SH	12,58 Ab A	10,62 Aa A
	NFT	18,98 Aa A	7,66 Bb A
Massa seca de caule (g planta ⁻¹)			
Roxo	SH	9,94 Aa B	10,82 Aa A
	NFT	5,99 Ab B	6,22 Ab B
Verde	SH	15,39 Ab A	13,19 Aa A
	NFT	22,53 Aa A	9,37 Bb A
Massa seca total (g planta ⁻¹)			
Roxo	SH	19,93 Aa B	22,17 Aa A
	NFT	13,28 Ab B	11,77 Ab B
Verde	SH	27,97 Ab A	23,82 Aa A
	NFT	41,51 Aa A	17,03 Bb A

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas referentes as salinidades em cada genótipo e sistema hidropônico, minúscula referente aos sistemas hidropônicos em cada salinidade e genótipos, e maiúsculas em *itálico*, referente aos genótipos em casa salinidade e sistema hidropônico, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Vários autores observaram redução do acúmulo de biomassa em plantas de manjerição submetidas ao estresse salino (Maia *et al.*, 2017; Nobrega *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2023). A redução da massa seca pode ter sido reduzida como reflexo da planta ao custo metabólico de energia da planta para realizar suas atividades, isso também associado à redução do ganho de carbono (Atkin; Macherel, 2009). Os resultados obtidos no estudo estão de acordo com os apresentados por Maia *et al.* (2017) e Santos *et al.* (2023), os quais também observaram redução do crescimento do manjerição em resposta à salinidade, assim como maior tolerância do manjerição roxo.

De forma geral, verificou-se que o efeito foi mais deletério nas plantas cultivadas no sistema NFT, indicando que o cultivo em substrato proporciona melhor condição de crescimento e, conseqüentemente, maior tolerância das plantas à salinidade. Este fato pode ser explicado por fatores como estresse osmótico e/ou hídrico devido aos períodos de irrigação das plantas. Outro fator plausível é que nos sistemas utilizando substrato as raízes das plantas estão sempre em contato com a solução, assim dispondo de água e nutrientes, ao passo que nos sistemas NFT as raízes só entram em contato com a solução nos períodos de aplicação da irrigação (Rodriguez-Ortega *et al.*, 2019).

A área foliar específica (AFE) foi afetada pela salinidade de forma variada nos dois sistemas hidropônicos, provocando redução de 27,05% no sistema SH e aumento de 15,74% no sistema NFT. Ocorreu diferença entre os sistemas hidropônicos apenas na maior salinidade (6,5 dS m⁻¹), sendo a maior AFE obtida no sistema NFT. Analisando o efeito do estresse salino sobre a AFE nos genótipos de manjerição, verificou-se resposta significativa à salinidade apenas no genótipo Verde, provocando redução de 26,47%. Além disso, foi observado que o genótipo Roxo foi superior ao genótipo Verde nas duas salinidades da solução nutritiva. Analisando o efeito dos sistemas hidropônicos sobre a AFE nas duas cultivares, verifica-se resposta significativa apenas no genótipo Roxo, na qual o sistema NFT proporcionou maior AFE. Além disso, observa-se que o genótipo Roxo apresentou maior AFE nos dois genótipos (Tabela 12).

Tabela 12. Área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ de MSF) em genótipos de manjerição submetido ao estresse salino em dois sistemas hidropônicos.

Sistemas Hidropônicos	Salinidades	
	1,8 dS m^{-1}	6,5 dS m^{-1}
SH	318,48 Aa	232,31 Bb
NFT	291,39 Ba	337,27 Aa
Genótipos		
Roxo	364,44 Aa	389,12 Aa
Verde	245,43 Ab	180,47 Bb
Sistemas Hidropônicos	Genótipos	
	Roxo	Verde
SH	325,40 Ab	225,39 Ba
NFT	428,16 Aa	260,51 Ba

Fonte: A autora (2025). Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A área foliar específica é um indicativo de como as condições ambientais e/ou genotípicos atuam sobre a espessura do limbo foliar, de forma que quanto maior for o valor da AFE menos espessa será a lâmina da folha. Assim, os resultados obtidos evidenciam que a salinidade aumentou a espessura foliar no genótipo Verde. O aumento acelerado da espessura do tecido mesofílico sob estresse salino pode ser atribuído à expansão dos espaços intercelulares (Rouphael *et al.*, 2017). De acordo com Mubushar *et al.* (2024), o aumento da espessura foliar devido à diminuição da AFE pode criar um caminho mais longo para a difusão de dióxido de carbono dos estômatos para os cloroplastos, levando a uma redução significativa na capacidade fotossintética das plantas.

De forma geral, os resultados obtidos mostram expressiva diferença das condições de cultivo de acordo com cada sistema hidropônico. De acordo com Oliveira *et al.* (2025), cada sistema possui suas peculiaridades, proporcionando diferentes condições para o desenvolvimento do sistema radicular e podem, conseqüentemente, afetar o desenvolvimento e a produtividade das plantas. O cultivo em substrato (SH) proporciona melhores condições ambientais para o sistema radicular das plantas, devido ao melhor equilíbrio hídrico e térmico do meio radicular, favorecendo seu crescimento (Oliveira *et al.*, 2024).

5 CONCLUSÕES

O genótipo Roxo mostrou-se mais tolerante ao estresse salino proveniente da solução nutritiva do que o genótipo Verde.

O sistema de cultivo em substrato proporcionou melhor desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, maior tolerância à salinidade.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-MOTOS, J.; ORTUÑO, M.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M.; HERNANDEZ, J. Plant Responses to Salt Stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v. 7, n. 1, 18, 2017.
- BARBIERI, G.; VALLONE, S.; ORSINI, F.; PARADISO, R.; PASCALE, S.; NEGRE-ZAKHAROV, F.; MAGGIO, A. Stomatal density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 169, p. 1737-1746, 2012.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, p. 1-13, 2018.
- BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1228-1234, 2014.
- CIRIELLO, M.; FORMISANO, L.; KYRIACOU, M. C.; CARILLO, P.; SCOGNAMIGLIO, L.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Morpho-physiological and biochemical responses of hydroponically grown basil cultivars to salt stress. **Antioxidants**, 11, 2207, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox1111220>.
- CHRYSGYRIS, A.; KLOUKINA, C.; VASSILIOU, R.; TOMOU, E.-M.; SKALTSA, H.; TZORTZAKIS, N. Cultivation strategy to improve chemical profile and anti-oxidant activity of *Sideritis perfoliata* L. subsp. *perfoliata*. **Ind. Crop. Prod.**, 140, 111694, 2019.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 628-633, 2018.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Map of Salt-affected Soils**. Rome, Italy, v.1.0, 2021.
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v. 78, p. 15-24, 2005.
- FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 82-91, 2014.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999.
- ISAYENKOV, S. V.; MAATHUIS, F. J. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2017.

MUBUSHAR, M.; EL-HENDAWY, S.; DEWIR, Y. H.; AL-SUHAIBANI, N. Ability of different growth indicators to detect salt tolerance of advanced spring wheat lines grown in real field conditions. **Plants**, v. 13, 882, 2024. <https://doi.org/10.3390/plants13060882>.

NÓBREGA, J. S.; BEZERRA, A. C.; RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, E. C.; SILVA, T. I.; COSTA, R. N. M.; SILVA, A. V.; LOPES, A. S.; DIAS, T. J. Growth and gas exchange of purple basil submitted to salinity and foliar nitrogen fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 18, p. 2729-2738, 2021. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1927080>

NÓBREGA, J. S.; BRUNO, R. L. A.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SILVA, T. I.; DE FÁTIMA, R. T.; FERREIRA, J. T. A.; SILVA, R. T.; CAVALCANTE, L. F. Growth and fluorescence rates of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze under saline stress and salicylic acid doses. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, p. 1-7, 2020.

OLIVEIRA, F. A.; COSTA, M. J. V.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; GÓIS, H. M. M. N.; RIBEIRO FILHO, J. C. Produção e qualidade de pak choi cultivado em diferentes sistemas hidropônicos e condutividades elétricas. **Revista Caatinga**, v. 37, e12436, 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3712436rc>

OLIVEIRA, F. A.; DANTAS, R. A.; RAMOS, L. M. H.; OLIVEIRA, M. J. S.; PINTO, F. F. B.; OLIVEIRA, M. K. T.; COSTA, J. P. B. M.; OLIVEIRA, F. E. R.; GÓIS, H. M. M. N.; DIAS, V. L. Endive production under different hydroponic systems and electrical conductivities of the nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, n. 7, e291132, 2025.

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, p. 111-118, 2015. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2161>

RESH, H. M. **Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**. CRC Press, 2022.

RODRIGUEZ, O.; MARTINEZ, V.; NIEVES, M.; SIMÃO, L.; LIDÓN, V.; ZAPATA, F. J. C.; NICOLAS, M. J. J.; ZAPATA, C. M. J.; SÁNCHEZ, G. F. Agricultural and physiological responses of tomato plants grown in different soilless culture systems with saline water under greenhouse conditions. **Scientific Reports**, v. 9, p. 1-13, 2019.

ROUPHAEL, Y.; MICCO, V.; ARENA, C.; RAIMONDI, G.; COLLA, G.; PASCALE, S. Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. **Journal of Applied Phycology**, v. 29, p. 459-470, 2017.

SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, G. B.; OLIVEIRA, T. K. M.; ALVES, S. A.; CORDEIRO, X. J. C.; COSTA, V. J. M.; OLIVEIRA, A. E. C. Tolerance of basil cultivars to salt stress in semi-hydroponic cultivation. **Comunicata scientiae**, v.14, e3429, 2023.

SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S. SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 776-781, 2018.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1-7, 2014.

SILVA, T. I.; SILVA, J. S.; DIAS, M. G.; MARTINS, J. V. S.; RIBEIRO, W. S.; DIAS, T. J. Open-access Salicylic acid attenuates the harmful effects of salt stress on basil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 399-406, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.