



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

FRANCISCO CANINDÉ GONDIM DE FRANÇA JUNIOR

**A COMPLEMENTARIDADE CATIONICA NA NUTRIÇÃO DO MELOEIRO PELE
DE SAPO: USO DE K, Ca e Mg PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA À
SALINIDADE EM AMBIENTE PROTEGIDO**

MOSSORÓ

2026

FRANCISCO CANINDÉ GONDIM DE FRANÇA JUNIOR

**A COMPLEMENTARIDADE CATIÔNICA NA NUTRIÇÃO DO MELOEIRO PELE
DE SAPO: USO DE K, Ca e Mg PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA À
SALINIDADE EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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

Linha de Pesquisa: Tecnologias em nutrição de plantas e soluções para convivência com a seca e salinidade.

Orientador: Prof. D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira

MOSSORÓ

2026

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

F814c França Junior, Francisco Canindé Gondim de .
A COMPLEMENTARIDADE CATIÔNICA NA NUTRIÇÃO DO
MELOEIRO PELE DE SAPO: USO DE K, Ca e Mg PARA
AUMENTAR A RESILIÊNCIA À SALINIDADE EM AMBIENTE
PROTEGIDO / Francisco Canindé Gondim de França
Junior. - 2026.
61 f. : il.

Orientador: Francisco de Assis de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
, 2026.

1. Cucumis melo L. . 2. Complementaridade
catiônica.. 3. Salinidade.. 4. Nutrição mineral..
5. Hidroponia.. I. de Oliveira, Francisco de
Assis , orient. II. Título.

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

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

**A COMPLEMENTARIDADE CATIÔNICA NA NUTRIÇÃO DO MELOEIRO PELE
DE SAPO: USO DE K, Ca e Mg PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA À
SALINIDADE EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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

Linha de Pesquisa: Tecnologias em nutrição de plantas e soluções para convivência com a seca e salinidade.

Defendida em: 26 / 02 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA**
Data: 17/03/2026 20:04:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **TAYD DAYVISON CUSTÓDIO PEIXOTO**
Data: 17/03/2026 18:03:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Tayd Dayvison Custódio Peixoto (UVA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **RONY DA SILVA**
Data: 16/03/2026 21:43:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rony da Silva (IFC)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **OSVALDO NOGUEIRA DE SOUSA NETO**
Data: 16/03/2026 22:17:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho a todas as pessoas que convivem com algum tipo de deficiência oculta e que, por diferentes circunstâncias, não tiveram a oportunidade de concluir ou alcançar seus sonhos e objetivos, não por falta de vontade, mas por enfrentarem, diariamente, limitações internas de natureza física, química e biológica.

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação foi um processo marcado por desafios, aprendizados e amadurecimento, que não teria sido possível sem o apoio e a contribuição de muitas pessoas e instituições.

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder saúde, força e serenidade ao longo de toda essa caminhada, especialmente nos momentos de incerteza e cansaço.

À minha esposa, Talita, pelo amor, incentivo, presença constante, apoio e abrigo ao longo de toda esta caminhada. Sem ela, eu não teria conseguido chegar onde estou.

Aos meus sogros, Braz e Nadja, por acreditarem em meu potencial e pelo apoio e incentivo constantes ao longo de todo o processo.

Aos meus pais, Luzinete Maria e Francisco Canindé, por terem me dado o maior dom, que torna possíveis todos os outros: a vida.

Às minhas cadelas, Vênus e Terra, por me darem a oportunidade de todos os dias as observarem e tornar-me uma pessoa melhor.

Ao meu orientador, Francisco de Assis de Oliveira (Thikão), pelo acolhimento em seu grupo de pesquisa IRRIGANUTRI, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência inabalável e, sobretudo, pela confiança e pelo incentivo ao longo de todo o percurso da pesquisa, contribuindo de forma decisiva para o amadurecimento deste trabalho e para minha formação acadêmica.

A todos do IRRIGANUTRI, que se fizeram presente nas avaliações e condução do experimento de forma direta ou indiretamente, os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao professor Rafael Oliveira Batista, pela escuta atenta, pelo aconselhamento generoso e pela presença constante nos momentos mais desafiadores desta trajetória.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições, pelos conselhos e pela colaboração no aprimoramento deste trabalho.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, pelo suporte acadêmico e institucional, pela estrutura oferecida e pela oportunidade de desenvolvimento científico e profissional.

Aos professores do programa de pós-graduação, pelas aulas, debates e reflexões que ampliaram meu olhar crítico e contribuíram de forma significativa para a construção do conhecimento apresentado nesta dissertação.

Ao amigo Sérgio, pelo apoio durante a condução do experimento, pela presença constante e pela disposição em ajudar sempre que necessário.

Aos colegas de turma, pelas trocas de experiências, pelos diálogos enriquecedores e pelo apoio mútuo ao longo dessa trajetória.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

*Os pescadores sabem que o mar é perigoso e a
tormenta, terrível. Mas este conhecimento não
os impede de fazer-se ao mar.*

Vincent van Gogh

RESUMO

A salinidade da água de irrigação constitui um dos principais fatores limitantes à produção agrícola em regiões semiáridas, especialmente em sistemas intensivos conduzidos em ambiente protegido e cultivo hidropônico. Nesse contexto, o manejo nutricional, com ênfase no equilíbrio iônico da solução nutritiva, surge como estratégia promissora para mitigar os efeitos do estresse salino. Objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e da suplementação isolada e combinada de potássio, cálcio e magnésio sobre o crescimento, as trocas gasosas foliares, rendimento e a qualidade pós-colheita do meloeiro Pele de Sapo (*Cucumis melo* L.) cultivado em sistema hidropônico e ambiente protegido. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×5 , correspondendo a dois níveis de salinidade da água (0,56 e 3,50 dS m⁻¹) e cinco soluções nutritivas (SN1 = Solução nutritiva padrão (SNP); SN2 = SNP + 50% K⁺; SN3 = SNP + 50% Ca²⁺; SN4 = SNP + 50% Mg²⁺; SN5 = SNP + 100% K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), com quatro repetições. A salinidade da água reduziu significativamente a área foliar, a produção de biomassa e o rendimento dos frutos quando utilizada a solução nutritiva padrão. A suplementação nutricional apresentou efeitos diferenciados conforme o nutriente e o nível de salinidade, destacando-se a adição de cálcio, que promoveu aumentos expressivos na área foliar, na massa seca total e na massa seca de frutos sob estresse salino. A suplementação isolada de potássio e magnésio mostrou efeitos mais limitados, enquanto a adição combinada de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ não resultou em desempenho superior ao fornecimento isolado de cálcio. Portanto, o ajuste da composição iônica da solução nutritiva, com ênfase na suplementação cálcica, constitui estratégia eficaz para aumentar a resiliência do meloeiro Pele de Sapo à salinidade em cultivo hidropônico protegido, contribuindo para a sustentabilidade da produção em regiões semiáridas.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Salinidade. Nutrição mineral. Complementaridade catiônica. Hidroponia.

ABSTRACT

Salinity of irrigation water is one of the main limiting factors for agricultural production in semiarid regions, especially in intensive systems conducted in protected environments and hydroponic cultivation. In this context, nutritional management, with emphasis on the ionic balance of the nutrient solution, emerges as a promising strategy to mitigate the effects of salt stress. This study aimed to evaluate the effects of irrigation water salinity and the isolated and combined supplementation of potassium, calcium, and magnesium on growth, leaf gas exchange, yield, and postharvest quality of Pele de Sapo melon (*Cucumis melo* L.) cultivated in a hydroponic system under protected environment. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 2×5 factorial scheme, corresponding to two levels of water salinity (0.56 and 3.50 dS m⁻¹) and five nutrient solutions (NS1 = standard nutrient solution (SNS); NS2 = SNS + 50% K⁺; NS3 = SNS + 50% Ca²⁺; NS4 = SNS + 50% Mg²⁺; NS5 = SNS + 100% K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), with four replications. Water salinity significantly reduced leaf area, biomass production, and fruit yield when the standard nutrient solution was used. Nutritional supplementation showed differentiated effects according to the nutrient and salinity level, highlighting calcium addition, which promoted significant increases in leaf area, total dry mass, and fruit dry mass under saline stress. Isolated supplementation with potassium and magnesium showed more limited effects, while the combined addition of K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺ did not result in better performance than the isolated supply of calcium. Therefore, adjusting the ionic composition of the nutrient solution, with emphasis on calcium supplementation, constitutes an effective strategy to increase the resilience of Pele de Sapo melon to salinity in protected hydroponic cultivation, contributing to the sustainability of production in semiarid regions.

Keywords: *Cucumis melo* L. Salinity. Mineral nutrition. Cation complementarity. Hydroponics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea do setor de estufas experimentais da UFERSA.	21
Figura 2. Sistema de irrigação utilizado no experimento.	23
Figura 3. Semeadura direta (a) e plântulas antes do desbaste (b).	24
Figura 4. Disposição dos vasos no interior da casa de vegetação.	24
Figura 5. Tutoramento das plantas com fita de ráfia (a) e retirada dos ramos secundários (b).	25
Figura 6. Polinização manual (a) e acondicionamento dos frutos em redes plásticas (b).	26
Figura 7. Análise de trocas gasosas utilizando o IRGA.	27
Figura 8. Fruto de melão em fase de colheita (a) e melões no laboratório para análises pós colheita (b).	31
Figura 9. Área foliar (a) e área foliar específica (b) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, CA E MG em cultivo hidropônico.	46
Figura 10. Massa seca de caule (a), massa seca de folhas (b), massa seca de frutos (c) e massa seca total (d) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	49
Figura 11. Diâmetro de fruto (a), comprimento de fruto (b), espessura de polpa (c) e peso de frutos (d) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	53
Figura 12. Firmeza de polpa (a), teor de sólidos solúveis (b), PH (c), acidez titulável (d) e razão ss/at (e) em frutos de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, CA E MG em cultivo hidropônico.	57
Figura 13. Transpiração (a), taxa de assimilação líquida (b), condutância estomática (c), concentração interna de CO ₂ (d), eficiência do uso da água (e), eficiência instantânea do uso da água (f) e eficiência intrínseca de carboxilação (g) do meloeiro Pele de Sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração de nutrientes e de fertilizante utilizados nas diferentes soluções nutritivas.	22
Tabela 2. Caracterização química da água utilizada no preparo das soluções nutritivas.	23
Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para diâmetro de caule (dc), altura de planta (alt), número de folhas (nf), área foliar (af), área foliar específica (afe), suculência foliar (sfo), massa seca de caule (msc), massa seca de folhas (msf), massa seca de frutos (msfr) e massa seca total (mst) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	44
Tabela 4. Valores médios para diâmetro de caule (dc), altura de plantas (alt), número de folhas e suculência foliar de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	45
Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) para diâmetro de fruto (dfr), comprimento de fruto (cfr), espessura de polpa (ep) e peso de fruto (pf) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	51
Tabela 6. Resumo da análise de variância (ANOVA) para firmeza de polpa (fp), teor de sólidos solúveis (ss), potencial hidrogeniônico (ph), acidez titulável (at), razão ss/at em frutos de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	55
Tabela 7. Resumo da análise de variância (ANOVA) para transpiração (e), taxa de assimilação líquida (a), condutância estomática (gs), concentração interna de co ₂ (ci), eficiência do uso da água (eua), eficiência instantânea do uso da água (eiua) e eficiência intrínseca de carboxilação (eici) do meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de k, ca e mg em cultivo hidropônico.	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 A cultura do meloeiro	15
2.2 Efeitos da salinidade no meloeiro	16
2.3 Efeito da complementaridade K^+, Ca^{2+} e Mg^{2+} em plantas sob estresse salino	17
2.4 Cultivo hidropônico de hortaliças	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Caracterização do local do experimento	21
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	21
3.3 Condução do experimento	23
3.3.1 Manejo de irrigação e fertirrigação	23
3.3.2 Semeadura e disposição das unidades amostrais	24
3.3.3 Práticas culturais	25
3.4 Características analisadas	26
3.4.1 Trocas gasosas	26
3.5 Análise de crescimento	27
3.5.1 Número de folhas (NF)	28
3.5.2 Altura de plantas (ALT)	28
3.5.3 Diâmetro do caule (DC)	28
3.5.4 Área foliar (AF)	28
3.5.5 Área foliar específica (AFE)	29
3.5.6 Suculência foliar (SFO)	29
3.5.7 Massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST)	29
3.6 Rendimento e qualidade pós colheita	30

3.6.1 Peso do fruto (PFR)	30
3.6.2 Diâmetro do fruto (DFR)	30
3.6.3 Espessura da polpa (EP).....	30
3.6.4 Firmeza da polpa (FP).....	31
3.6.5 Sólidos solúveis (SS)	31
3.6.6 Acidez titulável (AT)	31
3.6.7 Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)	31
3.6.8 Potencial hidrogeniônico da polpa (pH)	31
3.7 Análises estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Análise de crescimento	44
4.2 Produção e qualidade dos frutos.....	51
4.3 Trocas gasosas	60
5 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensificação da produção agrícola em regiões semiáridas, associada à escassez hídrica e ao uso crescente de águas com teores elevados de sais, tem ampliado os desafios relacionados à salinidade nos sistemas produtivos. O estresse salino figura entre os principais fatores responsáveis pela redução do crescimento, do rendimento e do padrão qualitativo das culturas, especialmente em sistemas intensivos conduzidos sob ambiente protegido e cultivo sem solo (Munns; Gilliam, 2015; El-ramady et al., 2024; Zhou et al., 2024). Nesse contexto, torna-se indispensável o desenvolvimento de estratégias de manejo nutricional capazes de mitigar os efeitos deletérios da salinidade e assegurar a sustentabilidade técnica e econômica da produção agrícola (Hasanuzzaman et al., 2020; Atta et al., 2023).

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) destaca-se como uma das principais hortaliças-fruto cultivadas em regiões semiáridas, especialmente no Nordeste brasileiro, onde as condições climáticas, como elevada radiação solar e baixa precipitação durante o ciclo, favorecem elevada produtividade e qualidade dos frutos. A relevância socioeconômica dessa cultura é amplamente reconhecida, sobretudo em polos de agricultura irrigada, nos quais o melão se mantém como importante gerador de renda e empregos diretos e indiretos (Negreiros et al., 2023; IBGE, 2025).

O setor de produção agrícola de melões representa uma contribuição significativa para a economia nacional, conforme evidenciado por levantamento realizado em 2024 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025). Os dados indicam uma produção nacional de 539,1 mil toneladas e uma produtividade média de 30,2 t ha⁻¹ no ano de 2024. Essa produção encontra-se fortemente concentrada na região Nordeste, responsável por 96,3% do volume total colhido no país, destacando os estados do Rio Grande do Norte (48,9%), Ceará (25,1%) e Bahia (18,5%) que são os principais polos produtores, consolidando a aptidão da região para a cultura.

Apesar do elevado potencial produtivo, a sustentabilidade do cultivo do meloeiro nessas regiões é fortemente condicionada à disponibilidade e à qualidade da água de irrigação. A escassez hídrica típica do semiárido frequentemente impõe o uso de águas salobras, o que intensifica o risco de estresse salino e de desequilíbrios nutricionais na zona radicular, especialmente em sistemas intensivos conduzidos em ambiente protegido com fertirrigação (El-Ramady et al., 2024; Zhou et al., 2024). A salinidade afeta as plantas principalmente por dois mecanismos inter-relacionados: o efeito osmótico, que restringe o influxo de água o efeito iônico, associado ao acúmulo excessivo de íons como Na⁺ e Cl⁻ nos tecidos vegetais. A

salinidade afeta as plantas principalmente por dois mecanismos inter-relacionados: o efeito osmótico, que restringe o influxo de água, e o efeito iônico, associado ao acúmulo excessivo de íons como Na^+ e Cl^- nos tecidos vegetais. Além da toxicidade iônica, a elevada concentração de sais pode provocar desequilíbrios nutricionais, uma vez que o excesso de Na^+ e Cl^- interfere na absorção e no transporte de nutrientes essenciais, como potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), devido a processos de competição iônica e alterações na homeostase nutricional das plantas (Silva et al., 2026).

Esses processos comprometem a homeostase iônica e desencadeiam alterações fisiológicas relevantes, como redução da fotossíntese, da transpiração e do crescimento vegetal, respostas amplamente descritas para culturas hortícolas sob estresse salino (Gillilham, Munns, 2015; Atta et al., 2023).

Nesse contexto, o manejo nutricional tem sido apontado como estratégia agronômica promissora para mitigar os efeitos do estresse salino, sobretudo por meio do ajuste da disponibilidade de cátions essenciais. O K^+ exerce papel central na osmorregulação e no controle estomático; O Ca^{2+} desempenha papel fundamental na manutenção da integridade das membranas celulares a sinalização do estresse; enquanto o Mg^{2+} desempenha função fundamental na fotossíntese e no metabolismo energético das plantas (Manishankar et al., 2018; Mostofa et al., 2022). Estudos recentes indicam que a complementaridade catiônica entre K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} pode favorecer a manutenção da homeostase iônica, reduzindo os efeitos tóxicos do sódio e aumentando a eficiência fisiológica das plantas sob salinidade. Em particular, o suprimento adequado de Mg^{2+} por meio da adubação mineral (via solo, fertirrigação ou solução nutritiva) tem sido associado ao aumento da eficiência fotossintética, ao transporte de fotoassimilados e à melhoria da produtividade e da qualidade de culturas hortícolas sob estresse abiótico (Ahmed et al., 2023; Parisa et al., 2025).

Embora evidências apontem o potencial dessas estratégias nutricionais, ainda são escassos os estudos que avaliem de forma integrada a suplementação combinada de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em meloeiros do grupo *Ibericus* cultivados em sistemas hidropônicos protegidos sob uso de águas salobras (Oliveira et al., 2021; Ahmed et al., 2023; Parisa et al., 2025; Pinto et al., 2025). Essa lacuna científica justifica a realização do presente estudo, ao contribuir para o avanço do conhecimento sobre a interação entre salinidade e equilíbrio iônico da solução nutritiva, além de fornecer subsídios técnicos para a recomendação de manejos mais eficientes em regiões semiáridas, com impacto direto sobre a sustentabilidade produtiva e econômica da cultura (Vargas et al., 2021; Negreiros et al., 2023 El-Ramady et al., 2024).

Diante disso, a hipótese é de que o ajuste fino da composição iônica da solução nutritiva, com ênfase na complementaridade entre potássio, cálcio e magnésio, constitui uma estratégia promissora para reduzir os impactos da salinidade e viabilizar a produção sustentável do melão Pele de Sapo em sistemas hidropônicos protegidos, especialmente em regiões semiáridas.

Portanto, o objetivo geral foi avaliar os impactos da salinidade da água de irrigação e do manejo nutricional baseado na suplementação isolada e combinada de potássio, cálcio e magnésio sobre o crescimento vegetativo, as trocas gasosas, e o rendimento produtivo e os atributos pós-colheita do melão Sapo cultivado em ambiente protegido e sistema hidropônico. Como objetivos específicos, buscou-se: (i) analisar as respostas do crescimento e da produção de biomassa do meloeiro cultivado sob diferentes concentrações salinas e formulações nutritivas; (ii) avaliar os efeitos desses fatores sobre as trocas gasosas e a eficiência do uso da água; (iii) quantificar os impactos sobre os componentes de rendimento e atributos de qualidade dos frutos; e (iv) identificar combinações nutricionais capazes de mitigar os efeitos do estresse salino por meio do ajuste da relação entre K^{2+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} na solução nutritiva.

Parte-se da hipótese de que o ajuste fino da composição iônica da solução nutritiva, com ênfase na complementaridade entre potássio, cálcio e magnésio, constitui estratégia promissora para reduzir os impactos da salinidade e viabilizar a produção sustentável do melão Pele de Sapo em sistemas hidropônicos protegidos, especialmente em regiões semiáridas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do meloeiro

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças-fruto de maior importância econômica em nível mundial, sendo amplamente cultivado em áreas de clima tropical e subtropical. A cultura apresenta elevada plasticidade produtiva e bom desempenho em ambientes caracterizados por altas temperaturas e elevada radiação solar, condições típicas de regiões semiáridas. Dados recentes indicam que a produção mundial de melão se mantém acima de 28 milhões de toneladas por ano, com a China liderando o ranking global, seguida por países como Turquia, Irã e Índia, os quais concentram grande parte da produção destinada tanto ao consumo interno quanto à exportação (FAO, 2022; FAOSTAT, 2024).

No Brasil, o cultivo do meloeiro possui grande relevância econômica, sobretudo pelo elevado percentual da produção destinada ao mercado externo. A produção nacional encontra-se fortemente concentrada na região Nordeste, responsável por mais de 95% do volume produzido, tendo o Rio Grande do Norte e Ceará como destaque. A adoção de tecnologias como irrigação localizada, fertirrigação e cultivo em ambiente protegido tem permitido produtividades elevadas e frutos com padrão de qualidade exigido pelo mercado internacional, reforçando a importância do manejo preciso da água e da nutrição mineral (IBGE, 2023, 2025).

Entre os grupos comerciais de meloeiro, destaca-se o melão Pele de Sapo (também denominado Piel de Sapo), pertencente ao grupo *Ibericus* (*Cucumis melo* subsp. *melo* var. *inodorus*), conhecido por apresentar frutos oblongos com casca grossa, polpa branca firme e aroma suave, além de elevada aceitação no mercado europeu. Essa aceitação está associada, principalmente, à boa conservação pós-colheita (até 30 dias), ao elevado teor de sólidos solúveis (12–15 °Brix) e às características sensoriais apreciadas pelos consumidores (Paduan et al., 2007; Flores-León et al., 2025).

A intensificação do cultivo do melão em ambiente protegido tem sido adotada como alternativa para ampliar a eficiência produtiva, com produtividades que podem alcançar 40–50 t ha⁻¹, e reduzir perdas associadas a variações climáticas, pragas e chuvas, especialmente em regiões como o Vale do São Francisco e o Norte do Paraná. Contudo, esses sistemas tendem a intensificar problemas relacionados à concentração de sais na região radicular, particularmente quando há uso de águas salobras (CE > 2 dS m⁻¹) e restrição do volume de substrato, como fibra de coco ou perlita. O meloeiro é considerado uma cultura

moderadamente sensível à salinidade, apresentando salinidade limiar em torno de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ no extrato de saturação do solo, acima da qual ocorre redução progressiva da produtividade, estimada em aproximadamente 7–9% para cada incremento de 1 dS m^{-1} (Maas; Hoffman, 1977; Ayers; Westcot, 1985; Munns; Tester, 2008). Em cultivos hidropônicos ou em substratos, a tolerância pode ser ligeiramente superior, sendo comum o manejo da solução nutritiva em condutividades elétricas entre 3 e 4 dS m^{-1} , dependendo do genótipo e das condições de cultivo (Vargas et al., 2021; Negreiros et al., 2023). Para genótipos do grupo Ibericus, como o melão Pele de Sapo, estudos indicam comportamento produtivo relativamente estável em ambientes semiáridos, embora com elevada sensibilidade ao manejo hídrico e nutricional, especialmente quando a condutividade elétrica da solução ultrapassa valores próximos a $2\text{--}2,5 \text{ dS m}^{-1}$ na zona radicular (Medeiros et al., 2012; Vargas et al., 2021).

2.2 Efeitos da salinidade no meloeiro

O estresse salino é considerado um dos mais relevantes fatores abióticos limitantes à agricultura em regiões semiáridas, onde a escassez hídrica impõe o uso de águas com diferentes concentrações de sais dissolvidos (Manishankar et al., 2018; Zhou et al., 2024).

No meloeiro, incluindo o tipo Pele de Sapo, o estresse salino provoca alterações fisiológicas significativas, como redução da condutância estomática, da transpiração e da taxa fotossintética. Pinto et al. (2025) Essas respostas estão associadas tanto ao fechamento estomático induzido pelo estresse osmótico quanto ao desequilíbrio iônico nos tecidos foliares, que afeta diretamente os processos bioquímicos e fotoquímicos da fotossíntese. Estudos conduzidos em ambiente protegido demonstram que o acúmulo de sais na solução nutritiva pode reduzir a eficiência do uso da água e o acúmulo de biomassa, especialmente em cultivares do grupo Ibericus (Morais et al., 2019; Chevilly et al., 2021).

Além dos efeitos fisiológicos, a salinidade interfere diretamente na produção e na qualidade dos frutos do melão Pele de Sapo. Pesquisas recentes indicam redução no peso médio dos frutos, no comprimento e na espessura da polpa em função do acréscimo na condutividade elétrica da solução de irrigação. Por outro lado, em níveis moderados de salinidade, observa-se, em alguns casos, incremento no teor de sólidos solúveis, característica particularmente valorizada nesse tipo de melão. Esses resultados evidenciam que a resposta do Pele de Sapo à salinidade envolve um *trade-off* entre rendimento e qualidade, reforçando a necessidade de estratégias de manejo integradas (Visconti et al., 2019; Flores-león et al., 2025).

A tolerância do melão do grupo Pele de Sapo à salinidade é considerada moderada e apresenta variação entre genótipos e condições de cultivo. Estudos indicam que o aumento da salinidade pode comprometer processos fisiológicos e produtivos do meloeiro, incluindo reduções no crescimento, na área foliar e no equilíbrio iônico dos tecidos, embora a magnitude dessas respostas dependa da cultivar e das condições de manejo (Sarabi et al., 2017; Chevilly et al., 2021). Além disso, a fase inicial de desenvolvimento da cultura tende a apresentar maior sensibilidade ao estresse salino, refletindo em menor emergência e crescimento das plântulas sob elevados níveis de sais no solo ou na solução nutritiva (Pinheiro et al., 2019). Assim, estratégias que visem aumentar a resiliência fisiológica do sistema produtivo tornam-se essenciais para a sustentabilidade do cultivo desse grupo de melão em regiões semiáridas (Atta et al., 2023; Zhou et al., 2024).

2.3 Efeito da complementaridade K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em plantas sob estresse salino

A salinidade interfere diretamente na nutrição mineral das plantas ao alterar os processos de absorção, transporte e redistribuição de nutrientes. O excesso de Na^+ na solução do solo ou substrato exerce efeito antagônico sobre a absorção de cátions essenciais, resultando em desequilíbrios nutricionais que agravam os efeitos do estresse salino. Entre esses nutrientes, destacam-se o K^+ , o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , cuja manutenção em proporções adequadas é considerada fator-chave no que se refere à tolerância das plantas às condições salinas (Mostofa et al., 2022; Atta et al., 2023).

O K^+ desempenha papel central na osmorregulação celular, no balanço eletroquímico e no controle estomático, sendo amplamente reconhecido como nutriente essencial para a adaptação das plantas a estresses abióticos. Em meloeiro, estudos recentes indicam que a adequada nutrição potássica contribui para a manutenção da fotossíntese, maior acúmulo de fitomassa e melhoria da qualidade dos frutos sob condições salinas. Entretanto, evidências atuais demonstram que o suprimento excessivo de K^+ pode não proporcionar efeitos benéficos adicionais e, em alguns casos, intensificar desequilíbrios nutricionais quando não há balanço adequado com Ca^{2+} e Mg^{2+} (Oliveira et al., 2021; Pinto et al., 2025).

O Ca^{2+} exerce funções estruturais e regulatórias essenciais, contribuindo para a estabilidade das membranas celulares e atuando como mensageiro secundário em vias de sinalização associadas ao estresse salino. A presença adequada de Ca^{2+} reduz a permeabilidade das membranas ao Na^+ e ao Cl^- , favorecendo a manutenção da integridade celular e do crescimento vegetal (Dong et al., 2022; Feng et al., 2023).

Além de K^+ e Ca^{2+} , o Mg^{2+} merece receber atenção sobre tolerância ao estresse salino (Ahmed et al., 2023; Santos et al., 2025). O Mg^{2+} é o elemento central da molécula de clorofila, além de participar do metabolismo energético, do transporte de fotoassimilados e da ativação de enzimas. Evidências recentes indicam que a adequada disponibilidade de Mg^{2+} pode contribuir para maior eficiência fotossintética, crescimento e produtividade sob estresse abiótico, enquanto sua deficiência tende a intensificar os efeitos negativos da salinidade sobre o desempenho fisiológico das plantas (Ahmed et al., 2023; Santos et al., 2025). Nesse contexto, a inclusão de Mg^{2+} , inclusive por meio de fontes como o $MgCl_2$, amplia a abordagem clássica baseada apenas em K^+ e Ca^{2+} , reforçando o conceito de complementaridade catiônica como estratégia para aumentar a resiliência do melão Pele de Sapo à salinidade (Ahmed et al., 2023).

Complementarmente, Alves (2022), avaliando mini melancia em cultivo hidropônico sob estresse salino, demonstrou que a suplementação com cálcio foi mais eficiente que o potássio na mitigação dos efeitos negativos da salinidade sobre crescimento, produção e trocas gasosas, reforçando o papel estrutural e sinalizador do Ca^{2+} . Resultados semelhantes foram observados por Sousa et al. (2016), que identificaram a área foliar como a variável mais sensível ao estresse salino, destacando o papel do cálcio na estabilidade da parede celular e na manutenção do potencial hídrico.

No que se refere às respostas fisiológicas, Taiz et al. (2017) destacam que a manutenção do crescimento inicial sob estresse salino está associada a mecanismos de ajuste osmótico, compartimentalização de íons tóxicos e eficiência do uso da água, processos fortemente influenciados pela nutrição mineral adequada. Munns e Tester (2008) ressaltam que alterações na área foliar específica e na espessura das folhas constituem respostas adaptativas frequentes em plantas submetidas à salinidade, refletindo mudanças na alocação de biomassa.

Adicionalmente, Araújo et al. (2016) observaram que a aplicação combinada de K^+ e Ca^{2+} atenuou perdas de biomassa em melancia cultivada sob condições salinas. Acosta-Motos et al. (2017) reforçam que a manutenção da produção de biomassa sob estresse salino está diretamente relacionada à proteção do aparato fotossintético e à homeostase iônica, processos favorecidos por adequada disponibilidade de cátions essenciais.

Assim, a integração dos cátions K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no manejo da solução nutritiva emerge como abordagem promissora para mitigar os efeitos do estresse salino em sistemas fertirrigados e em ambiente protegido, uma vez que esses nutrientes atuam de forma interdependente na homeostase iônica, na estabilidade de membranas e na manutenção da

atividade fotossintética. A complexidade dessas interações reforça a necessidade de abordagens analíticas integradas para a correta interpretação das respostas fisiológicas e produtivas das culturas sob salinidade (Hasanuzzaman et al., 2020).

2.4 Cultivo hidropônico de hortaliças

A ampliação da demanda por hortaliças de qualidade superior e oferta contínua tem impulsionado tecnologias de cultivo protegido e sistemas sem solo, que proporcionam controle microclimático, eficiência no uso de água e nutrientes, e redução de perdas por estresses ambientais, viabilizando produção estável em diversas regiões (Abdalla et al., 2022).

Nesse contexto, estruturas como estufas, túneis e telados, combinadas à hidroponia, garantem padronização de qualidade visual, sanitária e nutricional ao longo do ano. Para melões rendilhados, cuja sensibilidade a ventos, chuvas e pragas limita o cultivo convencional, o ambiente protegido eleva a produtividade, melhora atributos como sólidos solúveis e aparência dos frutos, reduz o uso de defensivos e amplia a janela de colheita, atendendo à demanda por frutos premium (Gruda, 2019; Gao et al., 2024).

No Sudeste brasileiro, em que as condições climáticas apresentam variações sazonais com invernos frios e chuvas irregulares, o cultivo de melão rendilhado em ambiente protegido tem se consolidado, proporcionando frutos com excelente aspecto visual, maior uniformidade de tamanho e polpa, além de boa lucratividade para produtores (Aragão et al., 2023; Maruyama et al., 2023).

No semiárido nordestino, caracterizado por baixa pluviosidade, altas temperaturas constantes e alta insolação ao longo do ano, predomina o sistema a pleno sol com irrigação por gotejamento, que garante alta produtividade e qualidade para exportação, aproveitando as condições edafoclimáticas locais favoráveis à cultura (Basílio et al., 2024).

Como medida preventiva à degradação do solo em ambiente protegido, o uso de substratos tem se destacado por elevar a produtividade e qualidade dos frutos, com fertirrigação precisa ajustada aos estádios fenológicos, maior densidade de plantas e redução significativa de pesticidas, promovendo sustentabilidade (Embrapa, 2016; Gruda, 2025).

O cultivo hidropônico, definido como produção sem solo via solução nutritiva balanceada, exige formulações específicas por espécie, cultivar e clima regional para evitar perdas de rendimento por adaptações inadequadas (Furlani, 1999; Oliveira et al., 2022). A absorção de nutrientes é influenciada por fatores como salinidade, oxigenação, pH, temperatura da solução e condições microclimáticas, demandando pesquisas locais de

nutrição e fertirrigação para as diversas hortaliças e sistemas produtivos (Carmello e Furlani, 1994).

A adoção de estratégias de manejo da salinidade e da nutrição mineral em sistemas hidropônicos e em ambiente protegido está alinhada às diretrizes da Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas, que estabelece os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estudos voltados à otimização da eficiência do uso da água, à mitigação de impactos ambientais e à manutenção da produtividade agrícola em regiões semiáridas contribuem diretamente para os ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 6 (Água Potável e Saneamento), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima).

Nesse contexto, pesquisas voltadas ao equilíbrio iônico da solução nutritiva, especialmente envolvendo K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , reforçam a importância de sistemas produtivos resilientes, eficientes e ambientalmente sustentáveis (ONU, 2015). Dessa forma, torna-se indispensável o desenvolvimento de estudos específicos que considerem a interação entre nutrição mineral, sistema de cultivo e ambiente, visando otimizar o desempenho fisiológico e produtivo das culturas em sistemas hidropônicos protegidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local do experimento

O experimento foi conduzido no período de 09 de abril a 04 julho de 2025, em uma casa de vegetação do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, em Mossoró, RN. O local está situado nas coordenadas geográficas 5° 11' 31" S e 37° 20' 40" O, com altitude média de 18 m. (Figura 1A). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSh (quente e seco), caracterizado por precipitação pluviométrica irregular, com média anual de 673,9 mm, temperatura média de 27°C e umidade relativa do ar de 68,9% (Alvares et al., 2013).

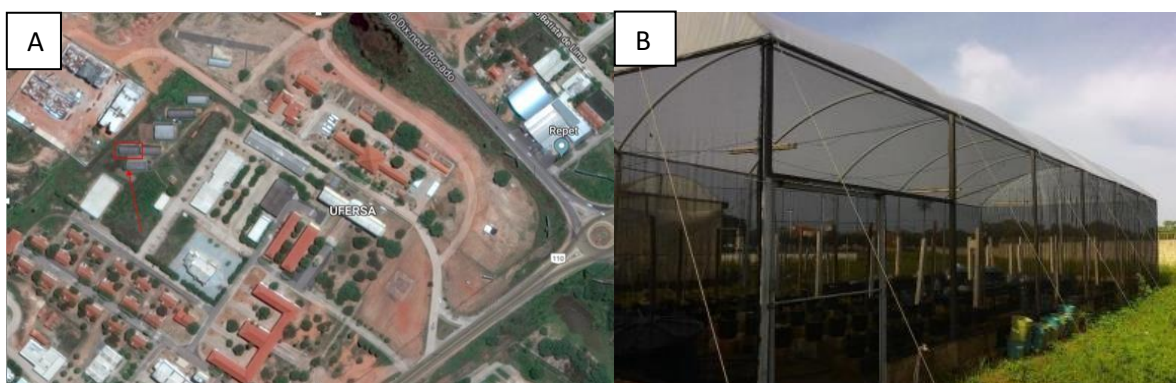


Figura 1. Vista aérea do Setor de Estufas Experimentais da UFERSA (A). Fotografia da casa de vegetação (B). Fonte: Google Earth (A); Autoria própria (B).

A casa de vegetação apresenta estrutura metálica e cobertura constituída por plástico transparente com proteção contra a incidência direta de radiação ultravioleta. A estrutura possui dimensões de 7 m de largura e 18 m de comprimento, totalizando área de 126 m², com pé-direito de 4,0 m de altura (Figura 1B).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2×5 , composto por dois níveis de salinidade da água empregada no preparo das soluções nutritivas ($S1 = 0,65 \text{ dS m}^{-1}$ e $S2 = 3,50 \text{ dS m}^{-1}$) e cinco soluções nutritivas (SN1 = Solução nutritiva padrão (SNP); SN2 = SNP + 50% K⁺; SN3 = SNP + 50% Ca²⁺; SN4 = SNP + 50% Mg²⁺; SN5

= SNP + 100% K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), com quatro repetições por tratamento, totalizando 40 unidades experimentais cada parcela foi representada por uma vaso (12 dm³) contendo uma planta por vaso. A cultivar utilizada foi a Pele de Sapo, híbrido Sancho (*Cucumis melo* var. inodorus).

Para as soluções SN2, SN3 e SN4 foram utilizados os fertilizantes cloreto de potássio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, respectivamente. Para solução nutritiva SN5 foram utilizados os três fertilizantes (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração de nutrientes e de fertilizante utilizados nas diferentes soluções nutritivas.

Tratamentos	CE(água) dS m ⁻¹	CEsn dS m ⁻¹	Concentração de nutrientes (g 1.000L ⁻¹)					
			N	P	K	Ca	Mg	S
SN1 – SNP*		2,2	170	39	225	153	24	32
SN 2 - SNP + 50%K		2,07	170	39	337	153	24	32
SN 3- SNP + 50%Ca	0,65	2,48	170	39	225	229	24	32
SN 4 - SNP + 50%Mg		2,86	170	39	225	153	36	32
SN5 - SNP + 100%K+Ca+Mg		3,04	170	39	450	306	72	32
SN 1 – SNP		4,34	170	39	225	153	24	32
SN 2 - SNP + 50%K		5,04	170	39	337	153	24	32
SN 3 - SNP + 50%Ca	3,50	5,5	170	39	225	229	24	32
SN 4 - SNP + 50%Mg		4,09	170	39	225	1534	36	32
SN 5 - SNP + 100%K+Ca+Mg		6,04	170	39	450	306	72	32
Tratamentos	Concentração de fertilizantes (g 1.000L ⁻¹)							
	Ca(NO ₃) ₂	KNO ₃	MKP	K ₂ SO ₄	MgSO ₄	KCl	CaCl ₂	MgCl ₂
SN 1 – SNP	900	455	170	22	246			
SN 2 - SNP + 50%K	900	455	170	22	246	562		
SN 3 - SNP + 50%Ca	900	455	170	22	246		765	
SN 4 - SNP + 50%Mg	900	455	170	22	246			141
SN 5 - SNP + 100%K+Ca+Mg	900	455	170	22	246	900	153	564
SN 1 – SNP	900	455	170	22	246	0	0	0
SN 2 - SNP + 50%K	900	455	170	22	246	562	0	0
SN 3 - SNP + 50%Ca	900	455	170	22	246	0	765	0
SN 4 - SNP + 50%Mg	900	455	170	22	246	0	0	141
SN 5 - SNP + 100%K+Ca+Mg	900	455	170	22	246	900	1530	564

*SNP - solução nutritiva padrão recomendada por Castellane e Araújo 1995. CEs_n - Condutividade elétrica da solução nutritiva.

Para a suplementação de micronutrientes, realizada de forma semelhante em todos os tratamentos, empregou-se o fertilizante micro Rexene® na dosagem de 30 g para 1000 L⁻¹ de solução. Este composto apresentava a seguinte composição centesimal: 1,1% de Magnésio (Mg), 0,85% de Boro (B), 0,5% de Cobre quelatado com EDTA (Cu-EDTA), 3,4% de Ferro

quelatado (Fe-EDTA), 3,2% de Manganês quelatado (Mn-EDTA), 0,05% de Molibdênio (Mo) e 4,2% de Zinco (Zn), contendo 70% de agente quelante EDTA.

As soluções nutritivas foram preparadas utilizando água oriunda do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, cujas análises físicas e químicas determinaram as seguintes características: pH= 7,57; CE= 0,65 dS m⁻¹; Ca²⁺= 0,83; Mg²⁺= 1,2; K⁺= 0,32; Na⁺= 3,76; Cl⁻= 2,40; HCO₃⁻= 3,1 e CO₃²⁻= 0,57 (mmolc L⁻¹). Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da água utilizada no preparo das soluções nutritivas.

CE (dS m ⁻¹)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
		mmolc L ⁻¹						
0,65	7,57	0,83	1,2	0,32	3,76	2,40	0,57	3,1

CE: Condutividade Elétrica; pH: potencial de Hidrogênio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Na⁺: Sódio; Cl⁻: Cloro; CO₃²⁻: Carbonato; HCO₃⁻: Bicarbonato

3.3 Condução do experimento

3.3.1 Manejo de irrigação e fertirrigação

Implantou-se um sistema de irrigação por gotejamento individualizado para cada solução nutritiva. Cada unidade foi composta por um conjunto de componentes que incluiu um reservatório de 100 L, uma bomba de circulação monofásica (Metalcorte/Eberle, modelo EBD250076, 210 V, 60 Hz), linhas laterais de mangueira de 16 mm e emissores do tipo microtubo "espaguete" com diâmetro interno de 1,5 mm e comprimento de 0,5 m e vazão média de 3,25L h⁻¹. (Figura 2 e 3).



Figura 2. Sistema de irrigação utilizado no experimento.

O controle dos ciclos de irrigação foi automatizado por meio de um temporizador digital (Timer digital EXBOM, modelo TB91A), estabelecendo uma frequência fixa de seis aplicações diárias. Os parâmetros operacionais foram ajustados conforme o estágio fenológico da cultura: a duração de cada evento de irrigação foi inicialmente configurada em 1,0 minuto e, posteriormente, alterada para 2,0 minutos a partir do início do florescimento até o término da colheita

3.3.2 Semeadura e disposição das unidades amostrais

A semeadura foi conduzida de forma direta em vasos plásticos preenchidos com uma pequena camada de brita, uma pequena tela de feltro e substrato comercial à base de fibra de coco (Golden Mix Misto), utilizando-se duas sementes por unidade experimental. Após a emergência, procedeu-se ao desbaste das plântulas aos 10 dias após a semeadura (DAS), mantendo-se uma planta por vaso (Figura 3).



Figura 3. Semeadura direta (A) e plântulas antes do desbaste (B).

Os vasos foram posicionados na casa de vegetação sobre suportes elevados de tijolos, adotando-se um espaçamento de 1,2 m entre as linhas e 0,5 m entre as plantas em uma mesma linha. Para minimizar efeitos de borda no delineamento experimental, incluiu-se duas unidades extras por linha, posicionadas uma no início e outra no final, que funcionaram como bordadura (Figura 4).



Figura 4. Disposição dos vasos no interior da casa de vegetação.

3.3.3 Práticas culturais

Para a condução vertical das plantas, foi implementado um sistema de tutoramento ao longo da linha de cultivo, consistindo em mourões de madeira fixados nas extremidades, entre os quais foram esticados arames horizontais. As plantas foram guiadas verticalmente utilizando fita de ráfia, amarrada entre o caule principal e o arame de sustentação. A manutenção da arquitetura das plantas foi realizada semanalmente por meio da eliminação sistemática de todos os ramos laterais (brotações axilares), mantendo-se exclusivamente a haste principal. Não foi feito poda apical, as plantas atingiram a altura de 2,5 m, e foram conduzidas horizontalmente, também houve podas em algumas ramificações laterais, mantendo duas hastes até o período de floração (Figura 5).



Figura 5. Tutoramento das plantas com fita de ráfia (A) e retirada dos ramos secundários (B).

O manejo fitossanitário foi conduzido semanalmente, com caráter preventivo, por meio da aplicação de inseticidas e fungicidas. As doses empregadas foram ajustadas conforme

a intensidade da infestação observada, seguindo as recomendações técnicas específicas para a cultura do meloeiro. O controle de insetos-praga foi realizado por meio da aplicação de inseticidas registrados para a cultura do meloeiro. Utilizou-se produto à base de abamectina, aplicado na concentração recomendada de 80 mL por 100 L⁻¹ de água. Adicionalmente, empregou-se inseticida com ação acaricida contendo bifentrina como ingrediente ativo, na dose de 100 mL por 100 L⁻¹ de água, conforme as recomendações técnicas para a cultura.

A polinização foi realizada de forma manual (Figura 6A) e, visando aumentar sua eficiência, o procedimento foi conduzido nas primeiras horas da manhã, uma vez que a viabilidade dos grãos de pólen tende a diminuir ao longo do dia. Essa redução está associada à rápida perda de água após a liberação do pólen das anteras, o que compromete sua capacidade germinativa (Abreu et al., 2008; Sanabria-Verón et al., 2025). Após a confirmação do pegamento dos frutos, procedeu-se ao raleio, mantendo-se apenas dois frutos por planta. Em seguida, cada fruto foi acondicionado em redes plásticas e fixado à linha de arame, com a finalidade de garantir a sustentação adequada (Figura 6B).



Figura 6. Polinização manual (A) e acondicionamento dos frutos em redes plásticas (B).

3. 4 Características analisadas

3.4.1 Trocas gasosas

As trocas gasosas foram avaliadas aos 60 DAS, no período matutino, aproximadamente às 9h, utilizando-se uma folha por planta. As medições foram efetuadas utilizando-se um analisador de gases por infravermelho (IRGA), modelo LCPro+ (ADC Bio Scientific Ltd.), operando sob temperatura controlada de 25 °C, densidade de fluxo de fótons de 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e vazão de ar de 200 mL min⁻¹, em concentração atmosférica de CO₂.

Foram determinados a concentração interna de CO₂ (Ci), a taxa de transpiração (E), a condutância estomática (Gs) e a taxa de assimilação de CO₂ (A). A eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) foram obtidas a partir das Equações 1 e 2, respectivamente (Figura 7).

$$EiUa = \frac{A}{E} \quad (1)$$

$$EiUa = \frac{A}{Ci} \quad (2)$$

Onde:

A – Taxa de assimilação de CO₂;

E – Transpiração;

Ci – Concentração interna de CO₂;

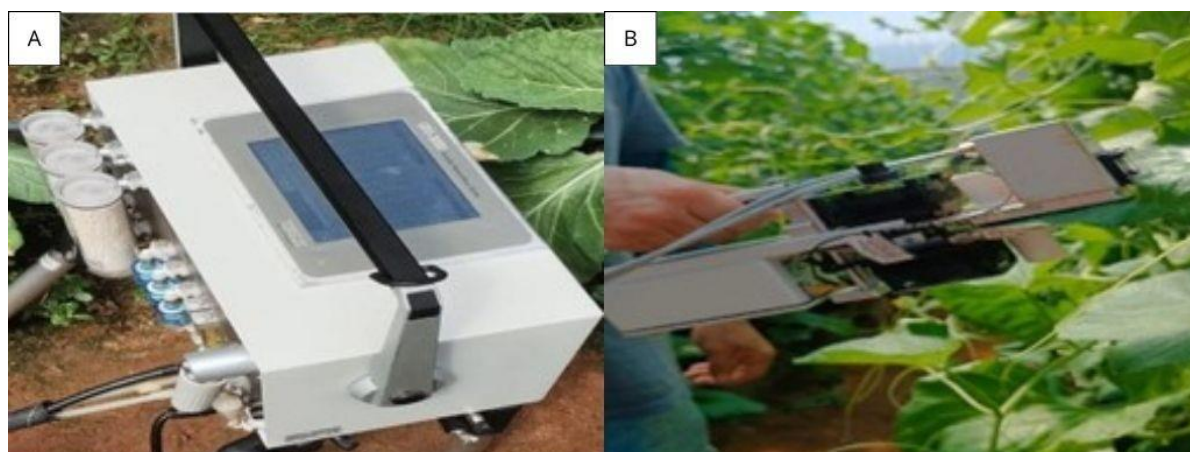


Figura 7. Análise de trocas gasosas utilizando o IRGA.

3.5 Análise de crescimento

As plantas foram coletadas aos 87 DAS, sendo posteriormente avaliadas quanto às variáveis de crescimento a seguir descritas:

3.5.1 Número de folhas (NF)

A contagem foi realizada manualmente, englobando todas as folhas de cada unidade experimental.

3.5.2 Altura de plantas (ALT)

A mensuração foi realizada com fita métrica graduada em centímetros, considerando a distância entre a superfície do substrato e o ápice do ramo.

3.5.3 Diâmetro do caule (DC)

A determinação foi realizada com paquímetro digital, efetuando-se a medição a 2,0 cm do ponto de corte das plantas, sendo o valor final obtido a partir da média de duas leituras realizadas em direções perpendiculares.

3.5.4 Área foliar (AF)

A área foliar (AF) foi estimada pelo método dos discos foliares, utilizando-se um perfurador metálico para a retirada de dez discos por planta. O cálculo da AF foi realizado conforme a Equação 3 (BENICASA, 2003).

$$AF = \frac{(MSF \times AD)}{MSD} \quad (3)$$

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.

3.5.5 Área foliar específica (AFE)

A área foliar específica (AFE) foi determinada pela razão entre a área foliar (AF) e a massa seca de folhas (MSF), conforme apresentado na Equação 4.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (4)$$

Onde:

AFE – Área foliar específica, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ de MSF;

AF – Área foliar, $\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$;

MSF – Massa seca de folhas, g planta^{-1} .

3.5.6 Suculência foliar (SFO)

A SFO foi obtida pela razão entre a massa de água e a área foliar, equação 5.

$$SFO = \frac{(MFF-MSF)}{AF} \quad (5)$$

Onde:

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

MFF – Massa fresca de folhas, g planta^{-1} ;

MSF – Massa seca de folhas, g planta^{-1} ;

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

3.5.7 Massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST)

Para a determinação da massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca de frutos (MSFR), as plantas foram separadas em folhas, caule e frutos. As amostras de folhas e ramos foram acondicionadas em sacos de papel, enquanto os frutos foram armazenados em recipientes de alumínio. Posteriormente, todas as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C , até atingirem massa constante. Após a secagem, os materiais foram pesados individualmente em balança eletrônica com

precisão de 0,01 g. A massa seca total (MST) correspondeu à soma das massas secas das diferentes partes da planta, conforme a Equação 6.

$$MST = MSF + MSC + MSFR \quad (6)$$

Onde:

MST – Massa seca total, g planta⁻¹;

MSF – Massa seca de folhas, g planta⁻¹;

MSC – Massa seca de caule, g planta⁻¹;

MSFR – Massa seca de fruto, g planta⁻¹;

3.6 Rendimento e qualidade pós colheita

A colheita dos frutos foi realizada aos 85 dias após a semeadura. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas e transportados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFERSA, onde foram avaliados quanto às variáveis descritas a seguir:

3.6.1 Peso do fruto (PFR)

A determinação foi realizada com o auxílio de balança analítica, com precisão de 0,01 g, sendo os resultados expressos em gramas por fruto.

3.6.2 Diâmetro do fruto (DFR)

A mensuração foi realizada no sentido transversal, utilizando régua graduada, com os valores expressos em centímetros (cm).

3.6.3 Espessura da polpa (EP)

A espessura da polpa foi obtida pela média de dois pontos opostos do fruto, determinada com o auxílio de paquímetro digital, sendo os valores expressos em milímetros (mm).

3.6.4 Firmeza da polpa (FP)

A determinação da firmeza da polpa baseou-se em medições realizadas em lados opostos do fruto com penetrômetro McCormick (FT 327, analógico, ponteira de 12 mm), sendo os resultados inicialmente expressos em libras (lb) e posteriormente convertidos para Newton (N) por meio do fator 4,45 (Filgueiras et al., 2000).

3.6.5 Sólidos solúveis (SS)

Utilizou-se refratômetro digital ATAGO (PR-1000) para a determinação do parâmetro, com os resultados apresentados em °Brix.

3.6.6 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por meio da diluição de 1 g de polpa em 50 mL de água destilada, com posterior adição de três gotas de fenolftaleína a 1% como indicador. Em seguida, realizou-se a titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até o surgimento de coloração levemente rósea. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.6.7 Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)

Calculada pela relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT).

3.6.8 Potencial hidrogeniônico da polpa (pH)

O pH foi determinado utilizando potenciômetro digital Digimed, modelo DMPH-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. As leituras foram realizadas diretamente na polpa processada (Figura 8).



Figura 8. Fruto de melão em fase de colheita (A) e melões no laboratório para análises pós colheita (B e C).

Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.7 Análises estatística

Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) aos dados obtidos e, quando verificada interação significativa entre os fatores, efetuou-se o desdobramento. A comparação entre médias foi realizada pelo teste de Tukey (5%), utilizando-se o software SISVAR[®] (Ferreira, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de crescimento

Os efeitos da salinidade da água (SAL), das soluções nutritivas (SN) e de suas interações (SAL $\times$ SN) sobre o crescimento do meloeiro Pele de Sapo foram inicialmente evidenciados pela análise de variância (Tabela 3). Houve efeito significativo da interação SAL $\times$ SN para as variáveis área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e massa seca de folhas (MSF) ($p \leq 0,05$), bem como para as variáveis massa seca de caule (MSC), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST) ($p \leq 0,01$). O diâmetro de caule (DC) foi afetado apenas pelo fator salinidade de forma isolada ($p \leq 0,05$). As variáveis altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e suculência foliar (SFO) não foram afetadas pelos fatores estudados ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para diâmetro de caule (DC), altura de planta (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), suculência foliar (SFO), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

FV	GL	Quadrados médios				
		DC	ALT	NF	AF	AFE
SAL	1	7,83*	0,63 ^{ns}	5198,40 ^{ns}	217.740.756,15 ^{ns}	2.156,10 ^{ns}
SN	4	1,22 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1333,78 ^{ns}	31.907.757,97 ^{ns}	2.672,80 ^{ns}
SAL $\times$ SN	4	4,86 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2705,96 ^{ns}	304.011.756,86*	3.603,40*
Resíduo	30	1,84	0,32	1703,48	87.078.665,56	1.338,03
CV (%)		11,87	12,40	24,34	23,98	12,67

FV	GL	Quadrados médios				
		SFO	MSC	MSF	MSFR	MST
SAL	1	99,65 ^{ns}	513,98*	5.984,37*	39354,29**	89048,72**
SN	4	10,20 ^{ns}	289,09*	971,85 ^{ns}	6480,69**	10624,78*
SAL $\times$ SN	4	77,08 ^{ns}	547,41**	3.105,93*	7148,71**	22143,67**
Resíduo	30	31,60	108,32	1.080,71	1356,10	3345,88
CV (%)		18,68	13,03	24,16	19,30	14,22

SAL – salinidade da água; SN – soluções nutritivas; CV – coeficiente de variação; *, ** e ns – significativos a 5%, significativos a 1% e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

Os valores médios de diâmetro de caule, altura de plantas, número de folhas e suculência foliar encontram-se apresentados na Tabela 4. Dessas variáveis, apenas o diâmetro de caule foi afetado pela salinidade da solução nutritiva, em que a maior salinidade provocou aumento de 17,19%, em comparação com o valor obtido na menor CE.

Tabela 4. Valores médios para diâmetro de caule (DC), altura de plantas (ALT), número de folhas e suculência foliar de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

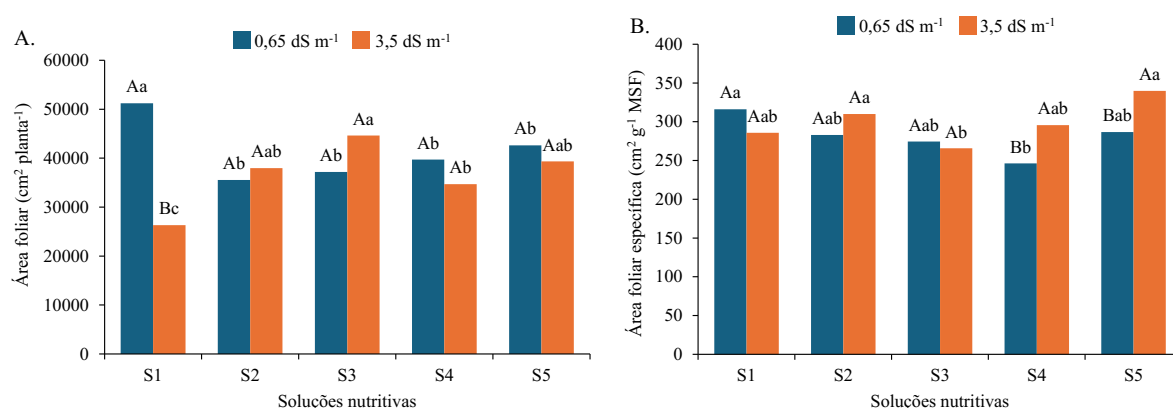
Salinidade	DC	ALT	NF	SFO
	(mm)	(m)	Unidade	(g H ₂ O cm ² folha)
0,56 dS m ⁻¹	10,99 b	4,66 a	180,95 a	31,68 a
3,50 dS m ⁻¹	12,88 a	4,40 a	158,15 a	28,52 a
Soluções nutritivas				
S1	11,57 a	4,49 a	162,00 a	30,34 a
S2	11,85 a	4,79 a	160,63 a	30,09 a
S3	10,91 a	4,43 a	190,25 a	29,41 a
S4	11,16 a	4,29 a	160,62 a	31,82 a
S5	11,69 a	4,65 a	174,25 a	28,84 a

Valores médios seguidos pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). S1 – solução nutritiva padrão (SNP), S2 – SNP + 50% extra de K, S3 – SNP + 50% extra de Ca, S4 – SNP + 50% extra de Mg, S5 – SNP + 100% extra de K:Ca:Mg.

A ausência de diferenças significativas para algumas dessas variáveis sugere que, nas condições do experimento, o ambiente protegido e o controle nutricional amorteceram parcialmente os efeitos iniciais da salinidade sobre a arquitetura das plantas, comportamento já descrito para cultivos hidropônicos por Furlani (1999) e EMBRAPA (2016). Resultados semelhantes foram obtidos por Alves (2022) em mini melancia cultivada em hidroponia sob estresse salino, onde a altura de plantas e o número de folhas também não foram afetados pela salinidade, indicando que o manejo nutricional adequado pode atenuar os efeitos deletérios iniciais do excesso de sais. Oliveira et al. (2016), trabalhando com melancia 'Crimson Sweet' em solo, também não observaram redução significativa na altura de plantas sob níveis moderados de salinidade, atribuindo esse comportamento à tolerância relativa da cultivar e às condições de cultivo. Por sua vez, Taiz et al. (2017) destacam que a manutenção do crescimento inicial sob estresse salino pode estar associada à capacidade da planta de realizar

ajuste osmótico e compartimentalização de íons tóxicos, processos que são influenciados pela nutrição mineral adequada.

A área foliar das plantas foi afetada pela salinidade apenas na solução nutritiva padrão (S1), ocorrendo redução de 48,59%, em comparação com a menor salinidade (Figura 9A). Analisando o efeito das soluções nutritivas, verificou-se que na menor salinidade todas as soluções com doses extras de K, Ca e Mg reduziram a área foliar das plantas, com reduções de 30,60%; 27,38%; 22,42% e 16,76%, nas soluções S2, S3, S4 e S5, respectivamente. Na maior salinidade, todas as soluções a adição extra de cátions favoreceram o aumento da área foliar, ocorrendo aumentos de 44,19% (SN2), 69,59% (SN3), 31,72% (SN4) e 49,49% (SN5), em comparação com os valores obtidos na solução nutritiva padrão (SN1). Dessa forma, verifica-se que sob estresse salino, a adição extra de Ca (SN3) foi mais eficiente para promover desenvolvimento foliar o meloeiro em comparação à SN1 e SN4 (Figura 9A).



Colunas com as mesmas letras, maiúsculas referentes às salinidades e minúsculas referentes às soluções nutritivas, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0.05$). S1 – solução nutritiva padrão (SNP), S2 – SNP + 50% extra de K, S3 – SNP + 50% extra de Ca, S4 – SNP + 50% extra de Mg, S5 – SNP + 100% extra de K:Ca:Mg.

Figura 9. Área foliar (A) e área foliar específica (B) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

A redução desses parâmetros sob maior salinidade está associada à menor expansão celular e à restrição hídrica imposta pela elevação da condutividade elétrica da solução, conforme descrito por Zhou et al. (2024). Este comportamento também foi observado por Alves (2022) em mini melancia, onde a área foliar reduziu significativamente com o aumento da salinidade, mas a suplementação com cálcio (150% da recomendação) atenuou essa redução, mantendo valores próximos ao controle. Sousa et al. (2016), estudando mini

melancia 'Smile' em hidroponia, verificaram que a área foliar foi a variável mais sensível ao estresse salino, com reduções progressivas à medida que a CE da solução aumentava, corroborando a ideia de que a expansão foliar é um processo altamente dependente do potencial hídrico e da disponibilidade de Ca^{2+} para a estabilidade da parede celular. Além disso, Oliveira et al. (2021) observaram em meloeiro que a suplementação com K e Ca em condições salinas promoveu incremento na área foliar, atribuído ao papel do cálcio na sinalização e na manutenção da integridade das membranas, reduzindo o extravasamento de íons tóxicos.

A área foliar específica (AFE) foi afetada pela salinidade apenas nas soluções nutritivas com doses extras de Mg (S4) e K:Ca:Mg (S5), provocando perdas de 20,03 e 18,50%, respectivamente. Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a AFE, verifica-se que doses extras de Mg (S4) em menor salinidade, e dose extra de Ca (S3) em maior salinidade, reduziram a AFE. (Figura 9B).

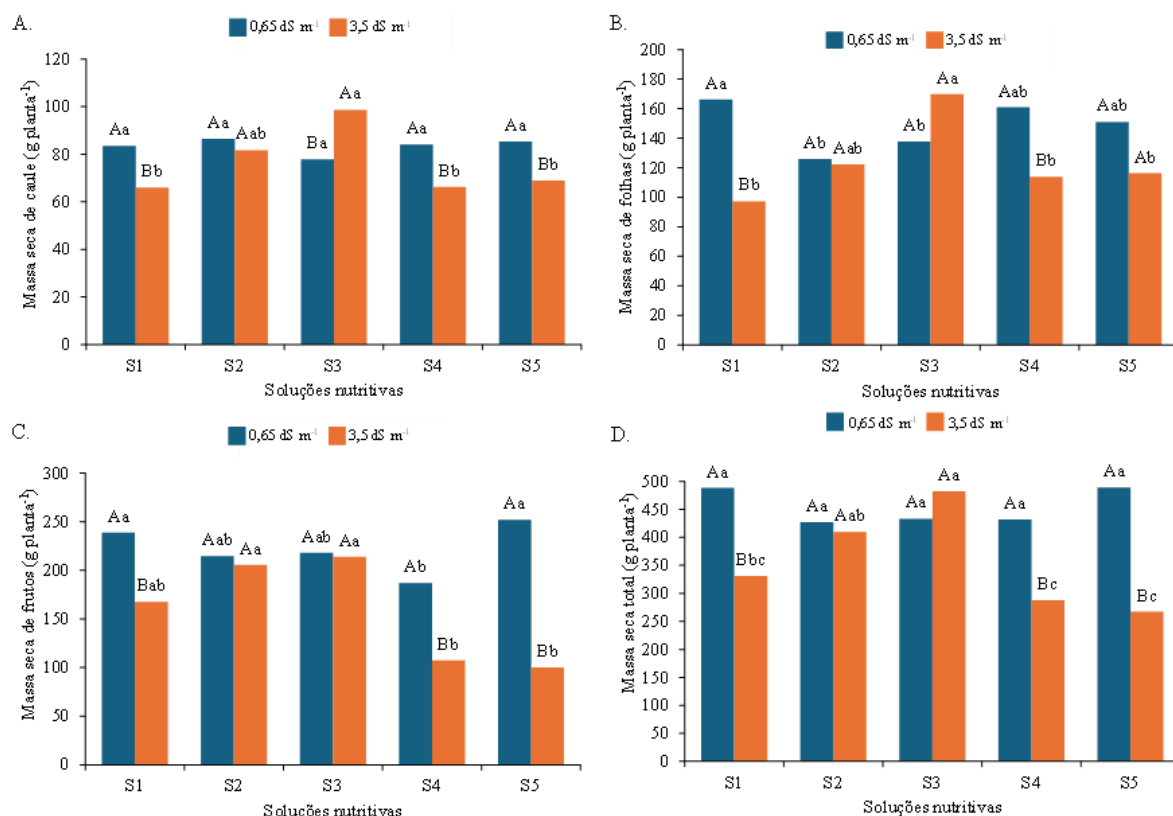
A redução da AFE sob estresse salino indica a produção de folhas mais espessas, o que pode ser uma estratégia adaptativa para aumentar a eficiência no uso da água e reduzir a transpiração, conforme discutido por Taiz et al. (2017). Resultados semelhantes foram encontrados por Alves (2022), onde a AFE de mini melancia diminuiu com a salinidade, especialmente nos tratamentos com maior disponibilidade de K, sugerindo que o potássio pode influenciar a anatomia foliar. Munns e Tester (2008) destacam que alterações na AFE são comuns em plantas sob estresse salino, refletindo mudanças na alocação de biomassa e na espessura do limbo como mecanismo de tolerância. Oliveira et al. (2015), trabalhando com pinhão-manso sob estresse salino, também observaram redução na AFE, associando esse efeito à menor expansão celular e ao acúmulo de solutos compatíveis nas folhas.

Na Figura 10, são apresentados os resultados obtidos para o acúmulo de massa seca do meloeiro nas diferentes partes das plantas, bem como o acúmulo total. Todas as variáveis referentes ao acúmulo de massa seca foram afetadas pela salinidade na solução nutritiva padrão (S1), com perdas de 21,01% para massa seca de caule (Figura 10A), 41,45% para massa seca de folhas (Figura 10B), 29,76% para massa seca de fruto (Figura 10C) e 32,23% para massa seca total (Figura 10D).

A expressiva redução da massa seca de frutos sob maior salinidade confirma resultados relatados por Vargas et al. (2021) e Negreiros et al. (2023), que destacam a elevada sensibilidade dos componentes reprodutivos do meloeiro *Pele de Sapo* ao estresse salino. O efeito mitigador observado em algumas soluções reforça achados de Oliveira et al. (2021) e Pinto et al. (2025), que evidenciaram ganhos produtivos quando se ajusta o balanço entre K,

Ca e Mg na solução nutritiva. Alves (2022) também verificou que a suplementação com cálcio (150% da recomendação) em mini melancia sob estresse salino proporcionou aumento significativo na massa seca de frutos, atribuído ao papel do Ca^{2+} na estabilidade das membranas e na translocação de fotoassimilados. Em estudo com meloeiro, Araújo et al. (2016) observaram redução média de 37% na massa seca da parte aérea sob condições salinas, mas a adição de Ca e K mitigou parcialmente essas perdas, corroborando a importância do equilíbrio iônico. Por fim, Acosta-Motos et al. (2017) destacam que a manutenção da produção de biomassa sob estresse salino está diretamente relacionada à capacidade da planta de realizar ajuste osmótico e de proteger o aparato fotossintético, processos que são favorecidos por uma nutrição equilibrada em K, Ca e Mg.

Analisando o efeito das soluções nutritivas em cada parte analisada, verifica-se respostas diferentes de acordo com cada variável e salinidade considerada. Para a MSC (Figura 10A), não houve efeito da adição extra de K, Ca ou Mg sobre essa variável na menor salinidade. No entanto, a adição extra de Ca em 50% (S3) proporcionou o aumento de 26,66% na MSC, em comparação com a solução nutritiva padrão (S1). Quanto à MSF, verifica-se que o efeito das soluções nutritivas variou de acordo com cada salinidade. Na menor salinidade, doses extras de K (S2) e Ca (S4) reduziram a MSF em 24,25 e 17,09%, respectivamente. Na maior salinidade, a adição extra de Ca (S3) mitigou o efeito do estresse salino, provocando aumento de 74,57%, em comparação com a solução S1 (Figura 10B). Com relação à MSFR, ocorreu diferença entre as soluções nutritivas nas duas salinidades. Na menor CE, apenas a solução nutritiva com doses extra de Mg (S4) diferiu da S1, provocando redução de 21,65%. No entanto, na maior CE, os maiores valores ocorreram com a adição extra de Ca (S3), a qual promoveu aumento de 40,38% em comparação com a solução nutritiva padrão. Por outro lado, sob estresse salino as soluções S4 e S5 promoveram menor MSFR (Figura 10C). Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a MST (Figura 10D), foi observado que não houve efeito da adição extra de K, Ca e Mg na menor salinidade. No entanto, na maior salinidade, a adição extra de Ca (S3) proporcionou aumento de 45,73% na MST, em comparação com a MST obtida em S1 nessa salinidade (Figura 10D).



Colunas com as mesmas letras, maiúsculas referentes às salinidades e minúsculas referentes às soluções nutritivas, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0.05$). S1 – solução nutritiva padrão (SNP), S2 – SNP + 50% extra de K, S3 – SNP + 50% extra de Ca, S4 – SNP + 50% extra de Mg, S5 – SNP + 100% extra de K:Ca:Mg

Figura 10. Massa seca de caule (A), massa seca de folhas (B), massa seca de frutos (C) e massa seca total (D) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

A expressiva redução da massa seca de frutos sob maior salinidade confirma resultados relatados por Vargas et al. (2021) e Negreiros et al. (2023), que destacam a elevada sensibilidade dos componentes reprodutivos do meloeiro Pele de Sapo ao estresse salino. Vargas et al. (2021), avaliando plantas cultivadas sob condutividades elétricas da solução nutritiva variando aproximadamente entre 2,0 e 4,5 dS m⁻¹, observaram reduções significativas na produção e no crescimento dos frutos à medida que a salinidade aumentava. De forma semelhante, Negreiros et al. (2023), trabalhando com níveis de salinidade próximos de 1,5 a 4,0 dS m⁻¹, também relataram redução no desempenho produtivo do meloeiro em função do aumento da condutividade elétrica da solução. O efeito mitigador observado em algumas soluções reforça achados de Oliveira et al. (2021) e Pinto et al. (2025), que evidenciaram ganhos produtivos quando se ajusta o balanço entre K, Ca e Mg na solução

nutritiva, especialmente em condições em que a condutividade elétrica se situa entre 2,5 e 3,5 dS m⁻¹, faixa em que o manejo nutricional pode contribuir para atenuar os efeitos do estresse salino.

Analisando o efeito das soluções nutritivas em cada parte analisada, verifica-se respostas diferentes de acordo com cada variável e salinidade considerada. Para a MSC (Figura 10A), não houve efeito da adição extra de K, Ca ou Mg sobre essa variável na menor salinidade. No entanto, a adição extra de Ca em 50% (SN3) proporcionou o aumento de 26,66% na MSC, em comparação com a solução nutritiva padrão (SN1). Quanto à MSF, verifica-se que o efeito das soluções nutritivas variou de acordo com cada salinidade. Na menor salinidade, doses extras de K (S2) e Ca (S4) reduziram a MSF em 24,25 e 17,09%, respectivamente. Na maior salinidade, a adição extra de Ca (S3) mitigou o efeito do estresse salino, provocando aumento de 74,57%, em comparação com a solução S1 (Figura 10B).

Com relação à MSFR, ocorreu diferença entre as soluções nutritivas nas duas salinidades. Na menor CE, apenas a solução nutritiva com doses extra de Mg (S4) diferiu da S1, provocando redução de 21,65%. No entanto, na maior CE, os maiores valores ocorreram com a adição extra de Ca (S3), a qual promoveu aumento de 40,38% em comparação com a solução nutritiva padrão, embora não diferindo estatisticamente. Por outro lado, sob estresse salino as soluções S4 e S5 promoveram menor MSFR (Figura 10C). Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a MST (Figura 10D), foi observado que não houve efeito da adição extra de K, Ca e Mg na menor salinidade. No entanto, na maior salinidade, a adição extra de Ca (S3) proporcionou aumento de 45,73% na MST, em comparação com a MST obtida em S1 nessa salinidade (Figura 10D).

Alves (2022) também verificou que a suplementação com cálcio (150% da recomendação) em mini melancia, sob estresse salino, proporcionou aumento significativo na massa seca de frutos, atribuído ao papel do Ca²⁺ na estabilidade das membranas e na translocação de fotoassimilados. Em estudo com meloeiro, Araújo et al. (2016) observaram redução média de 37% na massa seca da parte aérea sob condições salinas, mas a adição de Ca e K mitigou parcialmente essas perdas, corroborando a importância do equilíbrio iônico. Por fim, Acosta-Motos et al. (2017) destacam que a manutenção da produção de biomassa sob estresse salino está diretamente relacionada à capacidade da planta de realizar ajuste osmótico e de proteger o aparato fotossintético, processos que são favorecidos por uma nutrição equilibrada em K, Ca e Mg.

4.2 Produção e qualidade dos frutos

A análise estatística dos componentes de produção encontra-se sintetizada na Tabela 5, na qual se observa forte influência da salinidade da água sobre o diâmetro, comprimento e peso dos frutos, além de efeitos significativos das soluções nutritivas e de suas interações. Esses resultados confirmam que o enchimento dos frutos é particularmente sensível ao estresse salino, conforme já descrito por Visconti et al. (2019) e Flores-León et al. (2025) para melões do grupo *Ibericus* cultivados em ambiente protegido.

Os desdobramentos desses efeitos podem ser visualizados na Figura 11, na qual se evidencia a redução progressiva do peso e das dimensões dos frutos sob maior salinidade. Tal resposta está relacionada à menor taxa fotossintética e à restrição no transporte de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, consequência do fechamento estomático e do estresse osmótico, conforme discutido por Zhou et al. (2024) e Manishankar et al. (2018). Por outro lado, a manutenção parcial do desempenho em determinadas soluções confirma o papel do manejo iônico como estratégia de mitigação, conforme relatado por Oliveira et al. (2023). Alves (2022) observou em mini melancia que a produção de frutos foi reduzida em 46% sob salinidade, mas a suplementação com K (150%) ou Ca (200%) elevou significativamente a produção, com ganhos de até 46% em relação à solução salina padrão, demonstrando a eficácia desses nutrientes. Sousa et al. (2016) também verificaram redução no peso e diâmetro de frutos de mini melancia com o aumento da salinidade, mas destacaram que o teor de sólidos solúveis aumentou em níveis moderados, indicando um trade-off entre rendimento e qualidade. Trabalhos como o de Silva et al. (2020) com melancia 'Sugar Baby' reforçam que a redução do tamanho do fruto sob estresse salino é um reflexo direto da diminuição do potencial hídrico e da partição de assimilados, sendo a nutrição cálcica uma ferramenta para atenuar esses efeitos.

A partir da análise de variância verificou-se que todas as variáveis de rendimento foram afetadas pela interação entre os fatores SAL $\times$ SN, em níveis de 1% para diâmetro de fruto (DFR), comprimento de fruto (CFR) e peso de fruto (PF), e nível de 5% para espessura de polpa (EP) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) para diâmetro de fruto (DFR), comprimento de fruto (CFR), espessura de polpa (EP) e peso de fruto (PF) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

FV	GL	Quadrados médios			
		DFR	CFR	EP	PF
SAL	1	36,67**	101,63**	0,13 ^{ns}	3935492,02**
SN	4	2,94**	2,57 ^{ns}	0,09 ^{ns}	648054,19**
SAL × SN	4	4,19**	28,74**	0,32*	714825,64**
Resíduo	30	0,68	1,49	0,09	135614,28
CV (%)		5,62	6,19	8,42	19,30

SAL – salinidade da água; SN – soluções nutritivas; CV – coeficiente de variação; *, ** e ns – significativos a 5%, significativos a 1% e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

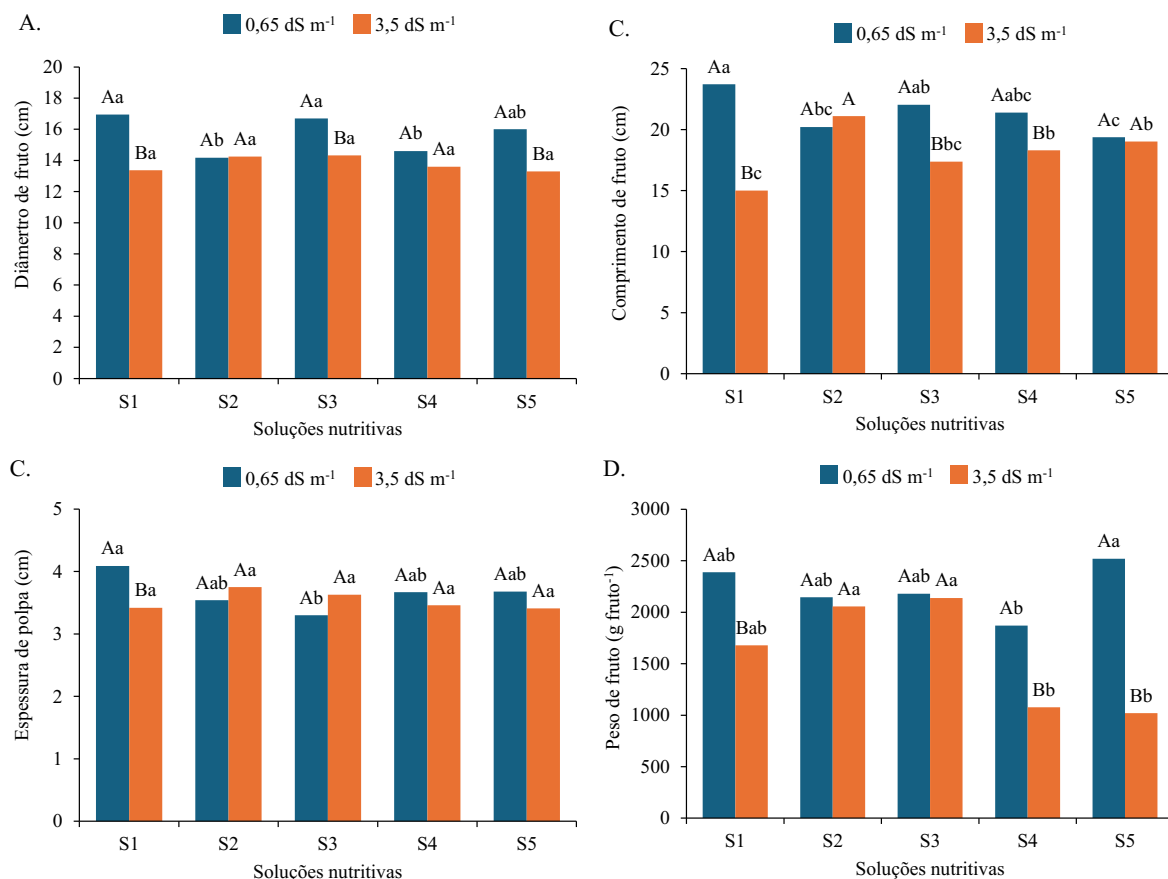
O diâmetro de fruto (DFR) foi afetado pela salinidade na solução nutritiva padrão (S1) e nas soluções com adição extra de Ca em 50% (S6) e 100% de K:Ca:Mg (S5), provocando perdas de 21,12; 14,25 e 16,87%, para S1, S3 e S5, respectivamente. Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre o DFR, verificou-se resposta significativa apenas na menor salinidade. Os maiores valores foram obtidos nas soluções S1, S3 e S5, enquanto as soluções S2 e S4 proporcionaram frutos com menores DFR, sendo inferiores a solução nutritiva padrão (S1) em 16,40 e 13,86%, respectivamente (Figura 11A).

A redução no diâmetro dos frutos sob estresse salino é um reflexo direto da diminuição do potencial hídrico e da turgescência celular, processos essenciais para a expansão dos tecidos, conforme explicado por Taiz et al. (2017). Alves (2022), estudando mini melancia 'Sugar Baby' em hidroponia, também observou que o diâmetro transversal dos frutos foi significativamente reduzido pela salinidade, mas a suplementação com cálcio (na proporção de 150% da recomendação) atenuou essa redução, o que corrobora o melhor desempenho da solução S3 (Ca) no presente estudo. Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa et al. (2016), que verificaram que o aumento da salinidade da água reduziu linearmente o diâmetro de frutos de mini melancia 'Smile', atribuindo esse efeito à menor disponibilidade de água e à consequente restrição no transporte de fotoassimilados para os frutos.

Quanto ao comprimento de fruto (CFR), verificou-se efeito da salinidade para as soluções nutritivas S1, S3 e S4, ocorrendo na maior salinidade perdas de 36,76; 26,77 e 2,85%, respectivamente, em comparação com os valores obtidos na menor salinidade. Analisando o efeito das soluções nutritivas, verifica-se que a adição extra de K em 50% (S2) e 100% extra de K:Ca:Mg (S5) reduziram o CFR na menor salinidade, com perdas de 14,80 e 18,34%, respectivamente, quando comparadas com S1. Por outro lado, na maior salinidade a solução nutritiva S2 foi eficiente para mitigar o efeito do estresse salino sobre o CFR, provocando aumento de 40,67% em comparação com o CFR obtido em S1 na maior salinidade (Figura 11B).

A maior sensibilidade do comprimento do fruto à salinidade, em comparação com o diâmetro, pode estar associada a diferenças na dinâmica de crescimento e na partição de assimilados durante o desenvolvimento do fruto. Trabalhos como o de Silva et al. (2020) com melancia 'Sugar Baby' também demonstraram que o comprimento dos frutos é uma variável altamente susceptível ao estresse salino, sendo sua redução um dos principais fatores para a queda de produtividade. O efeito positivo da suplementação potássica (S2) sobre o CFR sob alta salinidade pode ser explicado pelo papel do K^+ no aumento do fluxo de fotoassimilados para os frutos, que atuam como drenos prioritários, conforme discutido por Oliveira et al. (2021) em estudos com meloeiro. Adicionalmente, a manutenção do comprimento dos frutos em condições de estresse é um indicativo de tolerância, e a resposta observada com a suplementação de K está alinhada com os achados de Alves (2022), que verificou que a adição de potássio (150%) em mini melancia sob estresse salino promoveu frutos com maiores dimensões longitudinais.

Os desdobramentos desses efeitos podem ser visualizados na Figura 11, na qual se evidencia a redução progressiva do peso e das dimensões dos frutos sob maior salinidade. Tal resposta está relacionada à menor taxa fotossintética e à restrição no transporte de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, consequência do fechamento estomático e do estresse osmótico, conforme discutido por Zhou et al. (2024) e Manishankar et al. (2018). Por outro lado, a manutenção parcial do desempenho em determinadas soluções confirma o papel do manejo iônico como estratégia de mitigação, conforme relatado por Oliveira et al. (2023).



Colunas com as mesmas letras, maiúsculas referentes às salinidades e minúsculas referentes às soluções nutritivas, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). S1 – solução nutritiva padrão (SNP), S2 – SNP + 50% extra de K, S3 – SNP + 50% extra de Ca, S4 – SNP + 50% extra de Mg, S5 – SNP + 100% extra de K:Ca:Mg.

Figura 11. Diâmetro de fruto (A), comprimento de fruto (B), espessura de polpa (C) e peso de frutos (D) de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

A espessura de polpa (EP) foi afetada pela salinidade apenas na solução nutritiva padrão, ocorrendo redução de 16,38% na menor CE. Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a EP, verificou-se resposta significativa apenas na menor salinidade, ocorrendo diferença significativa entre as soluções nutritivas S1 e S3, sendo S1 superior em 23,94% (Figura 11C).

A redução da espessura da polpa sob estresse salino está diretamente associada à menor turgescência celular e à restrição no transporte e acúmulo de fotoassimilados nos tecidos de reserva do fruto, processos altamente dependentes do potencial hídrico e da integridade das membranas, conforme discutido por Taiz et al. (2017). Alves (2022), avaliando mini melancia em cultivo hidropônico, observou que a espessura da casca (variável morfolologicamente relacionada) foi significativamente reduzida pela salinidade, mas a

suplementação com cálcio (150% da recomendação) atenuou esse efeito, evidenciando o papel estrutural do Ca^{2+} na manutenção da integridade dos tecidos. Paduan et al. (2007) destacam que a espessura da polpa é um importante atributo de qualidade em melões do grupo inodorus, sendo influenciada por fatores genéticos, hídricos e nutricionais, o que justifica a sensibilidade dessa variável ao estresse salino observada no presente estudo. O melhor desempenho da solução S1 na menor salinidade, em comparação com S3, sugere que, na ausência de estresse, o equilíbrio iônico padrão é suficiente para garantir o desenvolvimento adequado da polpa, enquanto sob estresse, a suplementação com Ca (S3) mostrou-se benéfica para mitigar as perdas, conforme discutido anteriormente. Esses resultados corroboram os achados de Manishankar et al. (2018), que ressaltam o papel do cálcio na estabilidade da parede celular e na redução da permeabilidade das membranas a íons tóxicos, contribuindo para a manutenção da integridade dos tecidos do fruto.

O peso de frutos (PF) foi afetado pela salinidade nas soluções nutritivas S1, S4 e S5, nas quais a maior CE proporcionou reduções de 29,75; 42,49 e 59,52%, respectivamente, em comparação os valores obtidos na menor CE para nessas respectivas soluções nutritivas. Além disso, verificou-se efeito das soluções nutritivas sobre o PF para as duas salinidades. Na menor CE foi observada diferença significativas entre as soluções nutritivas apenas entre S5 e S3, sendo S5 superior em 34,69%. Os maiores valores d PF foram obtidos nas soluções S2 e S3, enquanto os menores valores ocorreram nas soluções S4 e S5. Considerando a médias das soluções S2 e S5, com a média das soluções S4 e S5, verifica-se que S2 e S3 foram superiores em cerca de 100,15% (Figura 11D).

A expressiva redução do peso dos frutos sob estresse salino, especialmente nas soluções S4 (Mg^{2+}) e S5 ($\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg}$), confirma a elevada sensibilidade dos componentes reprodutivos do meloeiro ao excesso de sais, conforme relatado por Negreiros et al. (2023) para o melão Pele de Sapo. O efeito positivo da suplementação com K^+ (S2) e Ca^{2+} (S3) sobre o PF, tanto na menor quanto na maior salinidade, evidencia o papel desses nutrientes na mitigação do estresse. Alves (2022) observou em mini melancia que a produção de frutos (massa fresca) foi drasticamente reduzida pela salinidade, mas a suplementação com K (150%) ou Ca (200%) elevou significativamente a produção, com ganhos de até 46% em relação à solução salina padrão, o que está em consonância com os resultados do presente estudo, onde as soluções S2 e S3 destacaram-se. Oliveira et al. (2021), estudando meloeiro, também verificaram que o ajuste do balanço entre K e Ca na solução nutritiva promoveu incrementos na massa seca e fresca dos frutos sob condições salinas, atribuindo esse efeito à melhoria no transporte de fotoassimilados e à manutenção da homeostase iônica. Sousa et al.

(2016) destacam que a redução do peso dos frutos sob estresse salino é um reflexo direto da diminuição do potencial hídrico e da partição de assimilados, sendo o manejo nutricional uma ferramenta essencial para atenuar essas perdas e garantir a produtividade em sistemas hidropônicos protegidos.

Os atributos de qualidade pós-colheita foram afetados pela interação SAL x SN em níveis de 1% de probabilidade para firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH) e a razão SS/AT, enquanto acidez titulável foi afetada em nível de 5% de probabilidade (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância (ANOVA) para firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), razão SS/AT em frutos de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

FV	GL	Quadrados médios				
		FP	SS	pH	AT	SS/AT
SAL	1	74,78**	6,14**	0,11 ^{ns}	0,00034 ^{ns}	47,84*
SN	4	215,24**	5,37**	0,67**	0,0021 ^{ns}	83,41**
SAL × SN	4	109,61**	2,64**	0,47**	0,0033*	58,92**
Resíduo	30	8,33	0,16	0,11	0,001	12,09
CV (%)		9,09	9,52	5,46	10,71	12,10

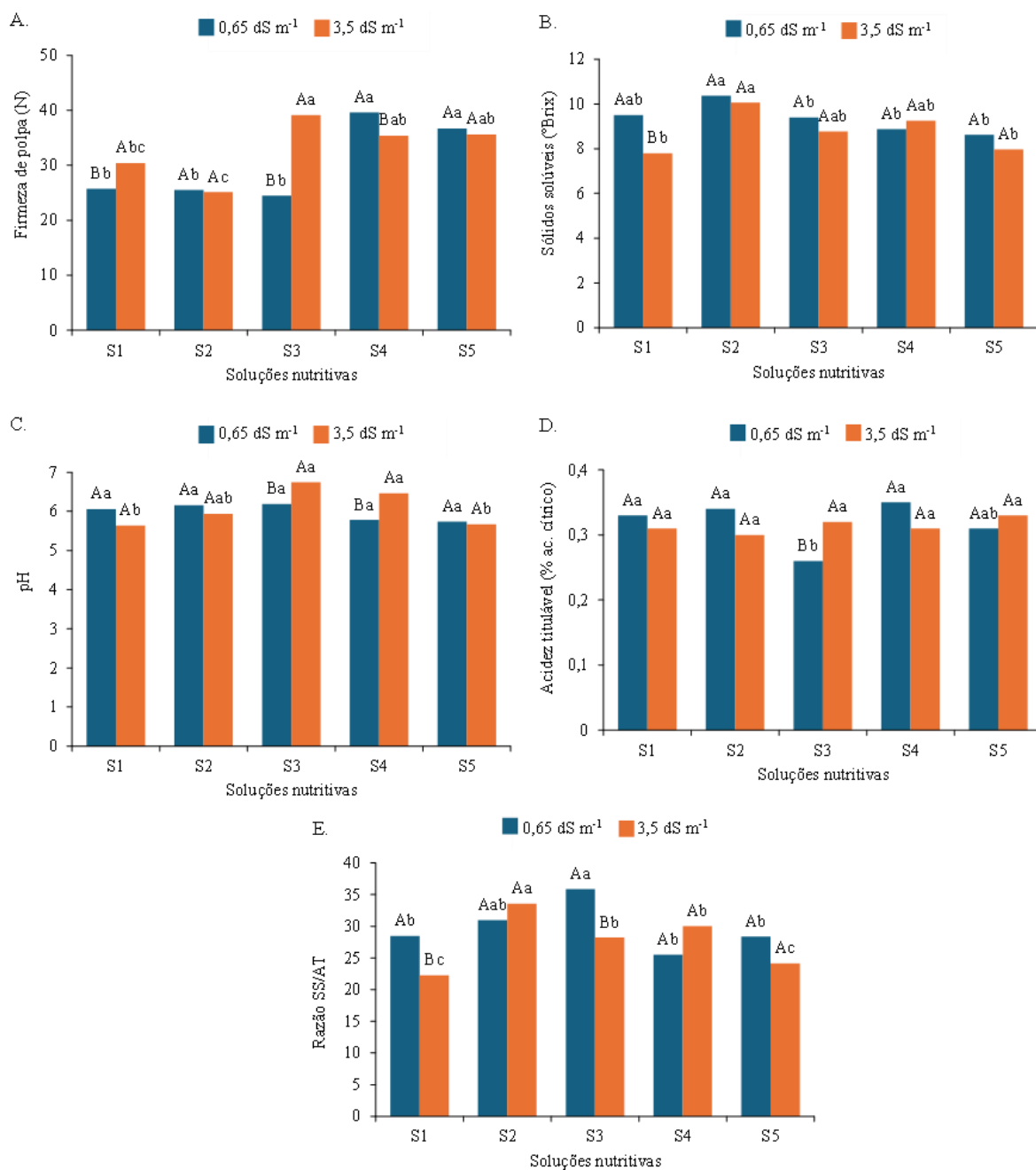
SAL – salinidade da água; SN – soluções nutritivas; CV – coeficiente de variação; *, ** e ns – significativos a 5%, significativos a 1% e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

A firmeza de polpa (FP) foi afetada pela salinidade nas soluções nutritivas S1 e S3, nas quais o estresse salino provocou aumentos de 18,12 e 60,03%, respectivamente, em comparação com a FP obtida na menor CE. As soluções nutritivas afetaram a FP nas duas salinidades utilizadas. Na menor CE, os maiores valores ocorreram nas soluções S4 e S5, que proporcionaram valores superiores à S1 em 35,09% (S4) e 29,96% (S5). Para a maior CE, os maiores valores foram obtidos nas soluções S3, S4 e S5, os quais foram superiores em 28,94; 16,49 e 17,22%, respectivamente, em comparação com a solução S1 (Figura 12A).

Analisando o teor de sólidos solúveis (SS) verifica-se que houve resposta significativa a salinidade apenas na solução S1, na qual o uso de água mais salina provocou redução de 17,89%. Além disso, houve diferença das soluções nutritivas para as duas salinidades, nas quais a solução utilizando a adição extra de K em 50% (S2) proporcionou maiores valores, sendo superior à solução S1 em 9,16% na menor CE e 28,84% na maior CE (Figura 12B).

Analisados estatisticamente na Tabela 6, revelando efeitos significativos dos tratamentos sobre firmeza de polpa, sólidos solúveis e razão SS/AT. Esses resultados dialogam diretamente com observações feitas por Paduan et al. (2007) e Flores-León et al. (2025), que destacam que níveis moderados de salinidade podem incrementar a concentração de açúcares nos frutos, embora frequentemente à custa de reduções no rendimento.

As variações desses atributos são apresentadas na Figura 12. A maior firmeza observada em tratamentos com maior aporte de Ca^{2+} reforça o papel estrutural desse nutriente na estabilidade das paredes celulares, conforme discutido por Manishankar et al. (2018). Já a modulação do teor de sólidos solúveis e da razão SS/AT sob diferentes combinações nutricionais confirma que o balanço entre os cátions exerce influência decisiva sobre a qualidade final dos frutos em ambientes salinos. Alves (2022) verificou que a salinidade reduziu o teor de vitamina C em mini melancia, mas a suplementação com K ou Ca em 100% amenizou esse efeito, enquanto o uso combinado de água salina com K ou Ca (100 ou 200%) promoveu aumento no teor de sólidos solúveis, indicando que o manejo nutricional pode melhorar atributos de qualidade mesmo sob estresse. Resultados semelhantes foram obtidos por Ó et al. (2020) em mini melancia, onde o aumento da salinidade elevou o teor de sólidos solúveis, mas reduziu o peso dos frutos. Paduan et al. (2007) destacam que níveis moderados de salinidade podem incrementar a concentração de açúcares em frutos de melão, embora frequentemente à custa de reduções no rendimento, o que está alinhado com os trade-offs observados no presente estudo.



Colunas com as mesmas letras, maiúsculas referentes às salinidades e minúsculas referentes às soluções nutritivas, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). S1 – solução nutritiva padrão (SNP), S2 – SNP + 50% extra de K, S3 – SNP + 50% extra de Ca, S4 – SNP + 50% extra de Mg, S5 – SNP + 100% extra de K:Ca:Mg

Figura 12. Firmeza de polpa (A), teor de sólidos solúveis (B), pH (C), acidez titulável (D) e razão SS/AT (E) em frutos de meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

O potencial hidrogeniônico (pH) do suco do fruto de meloeiro foi afetado pela salinidade nas soluções S3 e S4, sendo observados aumentos de 9,05 e 11,76%,

respectivamente, em comparação com a solução S1. Não foi observado efeito das soluções nutritivas sobre o pH na menor salinidade. Por outro lado, na maior salinidade, as soluções S3 e S4 proporcionaram aumentos respectivos de 19,68 e 14,54%, em comparação com a solução nutritiva padrão (Figura 12C).

O aumento do pH sob estresse salino, especialmente nos tratamentos com suplementação de Ca (S3) e Mg (S4), indica uma redução da acidez do suco, o que pode estar associado a alterações no metabolismo de ácidos orgânicos nos frutos. Alves (2022), estudando mini melancia, também observou que o pH dos frutos não foi afetado pela salinidade, mas variou com as concentrações de K e Ca, sugerindo que o equilíbrio catiônico na solução nutritiva pode influenciar a composição química dos frutos. Resultados semelhantes foram obtidos por Ó et al. (2020) em mini melancia, que não verificaram efeito significativo da salinidade sobre o pH, mas observaram variações em função do manejo da irrigação, corroborando a ideia de que o pH é uma variável relativamente estável, porém sensível a desequilíbrios nutricionais severos.

A acidez titulável (AT) foi afetada pela salinidade apenas na solução S3, ocorrendo aumento de 23,08% na maior salinidade. Não foi observado efeito das soluções nutritivas sobre a AT com a menor salinidade. No entanto, na maior salinidade, a adição extra de Ca em 50% (S3) provocou redução de 21,21% na AT (Figura 12D).

O aumento da AT sob estresse salino na solução padrão e sua redução com a suplementação de cálcio evidenciam o papel do Ca^{2+} na modulação do metabolismo ácido dos frutos. Alves (2022) observou que a salinidade não afetou a AT em mini melancia, mas a interação com as concentrações de K e Ca foi significativa, indicando que o balanço iônico pode alterar a síntese e degradação de ácidos orgânicos. Sousa et al. (2016) também verificaram que a AT em mini melancia 'Smile' foi influenciada pela salinidade, com aumentos nos níveis moderados de estresse, o que está alinhado com o aumento observado na solução S1. Paduan et al. (2007) destacam que a AT é um atributo importante para o equilíbrio do sabor em melões, e valores muito elevados podem comprometer a aceitação sensorial, tornando o fruto excessivamente ácido.

Analisando a razão SS/AT, foi observado que a salinidade afetou essa variável nas soluções S1 e S3, provocando reduções de 21,74 e 21,31%, respectivamente, em comparação com a solução S1. Quanto ao efeito das soluções nutritivas sobre a razão SS/AT, verificou-se que o efeito das soluções foi diferente em função da salinidade. Na menor salinidade o maior valor ocorreu na solução S3, sendo superior à solução S1 e 25,92%. Na maior salinidade a

solução S3 proporcionou maior razão SS/AT, sendo superior em 50,67% em comparação com a solução S1 (Figura 12E).

A razão SS/AT é um dos principais indicadores de qualidade sensorial em frutos, estando diretamente relacionada à percepção de doçura e sabor equilibrado. A redução dessa razão sob estresse salino na solução padrão indica um desequilíbrio entre açúcares e ácidos, o que pode comprometer a aceitação do fruto pelo consumidor. Alves (2022) observou que a salinidade não afetou isoladamente o índice de maturação (SS/AT) em mini melancia, mas a interação com K e Ca foi significativa, com a suplementação de cálcio promovendo os maiores valores, o que corrobora o melhor desempenho da solução S3 no presente estudo. Ó et al. (2020) também destacam que a relação SS/AT é um parâmetro crucial para a qualidade pós-colheita, e seu incremento sob condições de manejo adequado pode melhorar a aceitação comercial dos frutos. Paduan et al. (2007) ressaltam que, para melões do grupo inodorus, valores mais elevados de SS/AT são desejáveis, pois indicam frutos mais doces e saborosos, característica altamente valorizada no mercado.

4.3 Trocas gasosas

Na Tabela 7, é apresentado o resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis referentes aos processos de trocas gasosas, na qual verifica-se que todas as variáveis analisadas foram afetadas pela interação SAL $\times$ SN ($p \leq 0,01$) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância (ANOVA) para transpiração (E), taxa de assimilação líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência do uso da água (EUA), eficiência instantânea do uso da água (EiUa) e eficiência intrínseca de carboxilação (EiCi) do meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades da e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

FV	GL	Quadrados médios						
		E	A	Gs	Ci	EUA	EiUa	EiCi
SAL	1	8,47 _{ns}	395,26**	1465316,29**	12323,61**	30,07**	0,0018**	0,012**
SN	4	14,94**	92,85 _{ns}	1631005,83**	3530,17*	8,84*	0,0005**	0,004*
SAL $\times$ SN	4	18,75**	318,95**	5123646,55**	8390,01**	22,92**	0,0014**	0,011**

Resíduo	30	3,13	39,52	174301,42	1011,34	2,25	0,0001	0,001
CV (%)		21,95	22,81	26,42	9,56	24,22	23,59	27,65

SAL – salinidade da água; SN – soluções nutritivas; CV – coeficiente de variação; *, ** e ns – significativos a 5%, significativos a 1% e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

A transpiração (E) do meloeiro foi afetada pela salinidade de forma variada em função das soluções nutritivas. O estresse salino aumentou a E nas soluções S1 e S4, ocorrendo ganhos de 60,59 e 76,38%, respectivamente. Por outro lado, a maior salinidade reduziu a E em 34,39% na solução S3. Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a E, verifica-se que na menor salinidade os maiores valores ocorreram nas soluções S2 e S3, sendo superiores em 104,28 e 120,98%, respectivamente. Para a maior salinidade, os maiores valores de E ocorreram nas soluções S2 e S4, proporcionando aumentos de 34,40 e 40,40%, respectivamente, em comparação com os valores obtidos na solução S1 (Figura 13A).

A taxa de assimilação líquida (A) foi afetada pelo estresse salino nas soluções nutritivas S1 e S3, provocando reduções de 74,26 e 28,93%, respectivamente. Esses resultados evidenciam que a adição extra em 50% de K (S2) e de Mg (S4) foram eficientes para mitigar o efeito deletério da salinidade sobre a variável A. Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a A, verifica-se que ocorreram respostas diferentes em função da salinidade. Na menor salinidade a maior A ocorreu na solução nutritiva padrão (S1, e todas as soluções nutritivas com doses de K, Ca e Mg promoveram redução na A, principalmente na solução nutritiva S5, que provocou redução de 49,18%. Para a maior salinidade as adições extra de K (S2) e Mg (S4) foram eficientes para reduzir o efeito da salinidade sobre essa variável, e promoveram aumentos de 166,02 e 172,69%, em comparação com os valores obtidos na solução S1 para a mesma salinidade (Figura 13B).

Os padrões dessas respostas encontram-se ilustrados na Figura 13. A redução da assimilação de carbono e da condutância estomática sob maior salinidade confirma o impacto do estresse osmótico sobre a fotossíntese, conforme amplamente descrito por Zhou et al. (2024) e Hasanuzzaman et al. (2020). Esses autores ressaltam que a limitação difusiva e os danos metabólicos induzidos pelo excesso de sais constituem os principais fatores responsáveis pela queda de produtividade em culturas sensíveis. Alves (2022) observou em mini melancia que a salinidade reduziu a condutância estomática, mas aumentou a fotossíntese líquida e as eficiências do uso da água e de carboxilação, indicando uma resposta adaptativa da cultura. A autora também destacou que a nutrição cálcica foi mais eficiente que a potássica

para mitigar os efeitos da salinidade sobre as trocas gasosas, o que corrobora os resultados do presente estudo, onde a suplementação com Ca (S3) manteve maiores valores de condutância e fotossíntese sob estresse. Oliveira et al. (2016), trabalhando com melancia em solo, verificaram redução na condutância estomática e na transpiração com o aumento da salinidade, mas a aplicação de K e Ca via fertirrigação atenuou esses efeitos, evidenciando a importância do manejo nutricional. Por fim, Taiz et al. (2017) explicam que o fechamento estomático é uma resposta inicial ao estresse osmótico, mas a manutenção da fotossíntese em níveis adequados depende da integridade do aparato bioquímico, que é influenciada pela disponibilidade de Mg (componente da clorofila) e K (regulador osmótico).

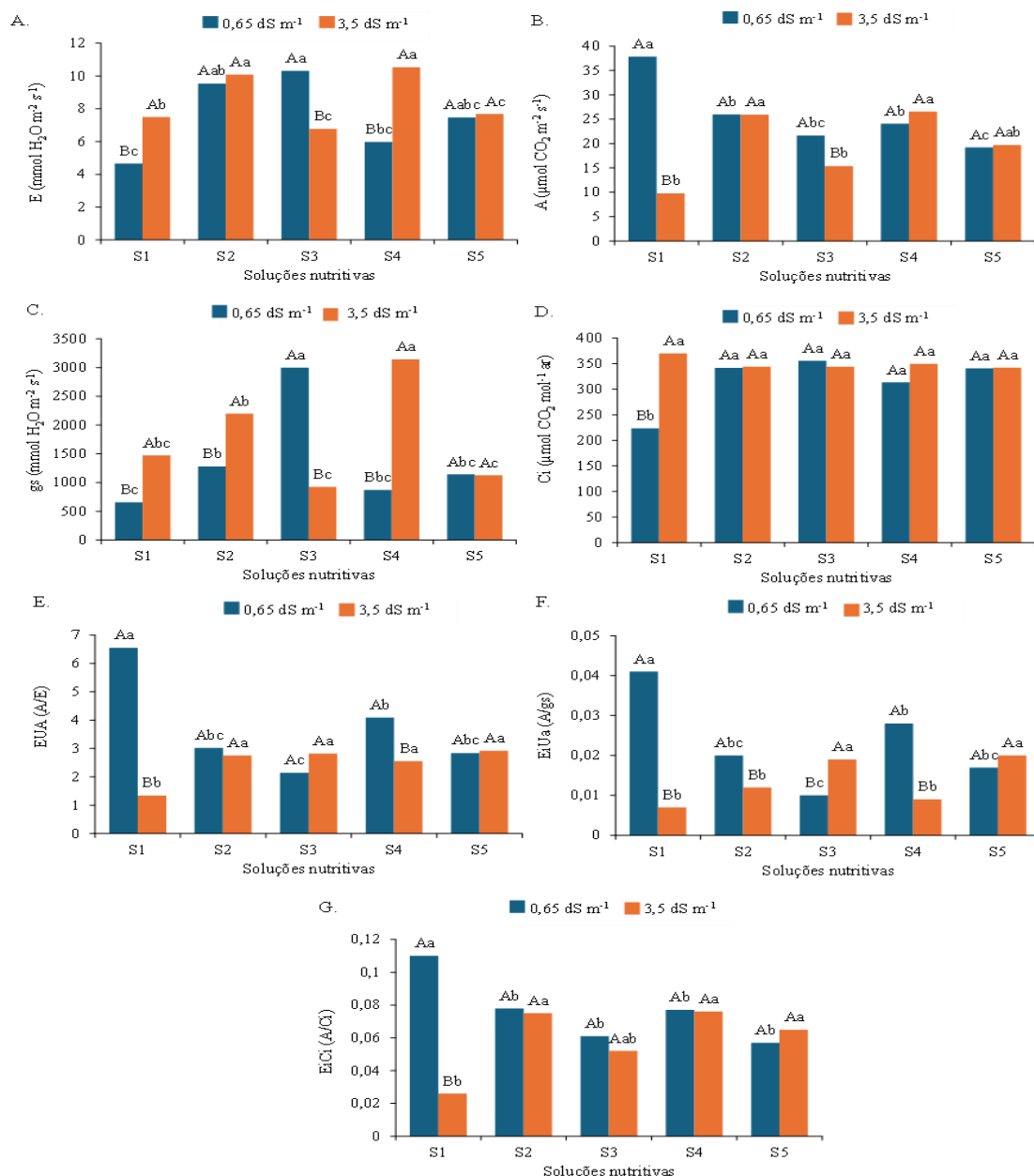
A concentração intercelular de CO_2 (Ci) foi afetada pela salinidade apenas nas plantas fertirrigadas com solução nutritiva padrão, de forma que a maior salinidade proporcionou aumento de 65,56% na Ci . Quanto ao efeito das soluções nutritivas sobre a Ci , verifica-se resposta significativa apenas na menor salinidade. Todas as soluções nutritivas contendo adições extras de K, Ca e Mg promoveram aumento na Ci , em comparação com a S (Figura 13C).

Analisando a condutância estomática (gs), foi observado que, exceto para a solução S5, em todas as demais soluções nutritivas ocorreu diferença significativa entre as salinidades. Nas soluções S1, S2 e S4, a maior salinidade proporcionou aumentos de 124,29; 72,17 e 260,39%, respectivamente, com comparação com a menor salinidade. Por outro lado, a maior salinidade reduziu a gs em 69,28% na solução nutritiva S3. Com relação ao efeito das soluções nutritivas, foi observado que na menor salinidade os maiores valores ocorreram nas soluções S2 e S3, proporcionando aumentos de 94,62 e 357,01%, respectivamente, em comparação com a solução nutritiva S1. Para a maior salinidade, as soluções S2 e S4 proporcionaram os maiores valores de gs , resultando em aumentos respectivos de 49,39 e 113,39%, quando comparadas com a solução nutritiva padrão [S10 na maior salinidade (Figura 13D)].

A eficiência do uso da água (EUA) foi afetada pela salinidade nas soluções S1 e S4, provocando reduções de 79,54 e 37,65%, respectivamente, em comparação com a EUA obtida na menor salinidade. As soluções nutritivas afetaram a EUA nas duas salinidades. Na menor salinidade, a solução S3 provocou redução de 67,33% na EUA, enquanto na maior salinidade a solução S3 proporcionou aumento de 105,97% (Figura 13E).

A eficiência intrínseca do uso da água (EiUa) foi afetada pela salinidade de forma diferente de acordo com a solução nutritiva analisada. Nas soluções S1, S2 e S4 o uso de água salina proporcionou aumentos de 82,93; 40,00 e 67,86%, respectivamente, com comparação com os valores de EiUa obtidos na menor salinidade. Por outro lado, o estresse salino reuiu

a EiUa em 90,00% na solução S3. Quanto ao efeito das soluções nutritiva, verificou-se que na menor salinidade todas as soluções nutritivas contendo doses de extras de K, Ca e Mg promoveram reduções na EiUa, sendo a maior perda observada em S3 (75,61%). Na maior salinidade, as soluções nutritivas S3 e S5 proporcionaram aumentos de 171,43 e 185,71%, respectivamente, em comparação com a solução S1 (Figura 13F).



Colunas com as mesmas letras, maiúsculas referentes às salinidades e minúsculas referentes às soluções nutritivas, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0.05$). S1 – solução nutritiva padrão (SNP), S2 – SNP + 50% extra de K, S3 – SNP + 50% extra de Ca, S4 – SNP + 50% extra de Mg, S5 – SNP + 100% extra de K:Ca:Mg

Figura 13. Transpiração (A), taxa de assimilação líquida (B), condutância estomática (C), concentração interna de CO₂ (D), eficiência do uso da água (E), eficiência instantânea do uso da água (F) e eficiência intrínseca de carboxilação (G) do meloeiro pele de sapo submetido a diferentes salinidades e concentrações de K, Ca e Mg em cultivo hidropônico.

A eficiência intrínseca de carboxilação (EiCi) foi afetada pela salinidade apenas na solução nutritiva padrão (S1), sendo a EiCi reduzida em 76,36% na maior salinidade. Analisando o efeito das soluções nutritivas, verifica-se resposta diferente de acordo com a salinidade analisada. Na menor salinidade, todas as soluções contendo doses extras de K, Ca e Mg provocaram redução na EiCi, sendo a maior redução (48,18%) observada na solução S5. Por outro lado, na maior salinidade a menor EiCi ocorreu na solução S1, e aumentou em 188,46 e 192,31%, nas soluções nutritivas S2 e S4, respectivamente (Figura 13G).

Os padrões dessas respostas encontram-se ilustrados na Figura 13. A redução da assimilação de carbono e da condutância estomática sob maior salinidade confirma o impacto do estresse osmótico sobre a fotossíntese, conforme amplamente descrito por Zhou et al. (2024) e Hasanuzzaman et al. (2020). Esses autores ressaltam que a limitação difusiva e os danos metabólicos induzidos pelo excesso de sais constituem os principais fatores responsáveis pela queda de produtividade em culturas sensíveis.

Por outro lado, a resposta diferenciada às soluções nutritivas reforça a importância da complementaridade entre K, Ca e Mg na manutenção da atividade fotossintética e da eficiência hídrica. O potássio, ao regular a abertura estomática, o cálcio, ao estabilizar membranas celulares, e o magnésio, ao participar diretamente da clorofila e do metabolismo energético, atuam de forma integrada na mitigação dos efeitos deletérios do Na⁺, conforme discutido por Ahmed et al. (2023), Oliveira et al. (2021) e Pinto et al. (2025).

O incremento observado na eficiência do uso da água e na eficiência intrínseca de carboxilação em determinados tratamentos sugere ajuste fisiológico das plantas ao estresse, mecanismo descrito por Hasanuzzaman et al. (2020) como fundamental para a tolerância a ambientes salinos. Esses resultados reforçam a hipótese central desta dissertação de que o ajuste fino da solução nutritiva, com ênfase na complementaridade K–Ca–Mg, constitui estratégia promissora para a produção sustentável do melão *Pele de Sapo* em sistemas hidropônicos protegidos sob uso de águas salobras.

5 CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação reduziu de forma expressiva o crescimento vegetativo, a produção e os atributos físicos dos frutos do meloeiro Pele de Sapo em cultivo hidropônico protegido, evidenciando a sensibilidade da cultura ao estresse salino, sobretudo nos componentes reprodutivos.

O aumento da condutividade elétrica também comprometeu área foliar, acúmulo de massa seca e rendimento, confirmando que o estresse salino afeta tanto o desenvolvimento quanto o enchimento dos frutos.

O manejo nutricional mostrou-se uma estratégia promissora para mitigar esses efeitos, com destaque para a suplementação isolada de cálcio, que promoveu ganhos significativos em crescimento, massa seca e rendimento, reforçando seu papel na estabilidade celular e no transporte de fotoassimilados. Potássio e magnésio apresentaram efeitos mais restritos, e a combinação de cátions não superou o fornecimento isolado de cálcio, sugerindo riscos de desequilíbrios nutricionais.

Assim, o ajuste da solução nutritiva, com ênfase no cálcio, constitui alternativa eficaz para aumentar a resiliência do meloeiro em ambientes salinos, contribuindo para a sustentabilidade produtiva em regiões semiáridas e para o uso racional de águas salobras na agricultura intensiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, Z. et al. Protected Farming in the Era of Climate-Smart Agriculture: A Photographic Overview. **Environment, Biodiversity and Soil Security**, v. 6, n. 2022, p. 237–259, 1 fev. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363406162_Protected_Farming_in_the_Era_of_Climate-Smart_Agriculture_A_Photographic_Overview. Acesso em: 25 mar. 2025.
- ACOSTA-MOTOS, J. et al. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 18, 23 fev. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy7010018>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- AHMED, N. et al. The power of magnesium: unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 24 out. 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1285512/full>. Acesso em: 26 jan. 2026.
- ALVES, A. S. **Incremento de potássio e cálcio na fertirrigação da mini melancia sob estresse salino**. 2022. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/8788>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- ARAGÃO, M. F. et al. Evaluation of crop water status of melon plants in tropical semi-arid climate using thermal imaging. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 447–456, 6 mar. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p447-456>. Acesso em: 7 jan. 2026.
- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 10 out. 2025.
- ARAÚJO, E. B. G. et al. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/Kqsb4K36jBBzc8BJbYjBhFm/>. Acesso em: 11 set. 2025.
- ATTA, K. et al. Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1241736/full>. Acesso em: 12 jul. 2025.
- BASÍLIO, F. de O. et al. Qualidade e produtividade de frutos de melão em relação à condução de ramos no semiárido. **Revista de Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n11-203>. Acesso em: 20 dez. 2025.
- BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/biologiaaplicadaaproducaoagropecuaria/benincasa_mmp_analise_crescimento_plantas.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

CARMELLO, Q. A. C.; FURLANI, P. R. **Hidroponia: cultivo de plantas sem solo**. Piracicaba: ESALQ/Sebrae, 1994. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000865940>. Acesso em: 18 out. 2025.

CHEVILLY, S. et al. Distinctive traits for drought and salt stress tolerance in melon (*Cucumis melo* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.777060>. Acesso em: 2 fev. 2026.

DONG, Q. et al. Ca²⁺ signaling in plant responses to abiotic stresses. **Journal of Integrative Plant Biology**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jipb.13228>. Acesso em 15 jan. 2026.

EL-RAMADY, H. et al. Review of crop response to soil salinity stress. *Plants*, v. 13, n. 2, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-8789/8/1/11>. Acesso em: 20 jun. 2025.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Cultivo protegido de hortaliças em solo e em substrato**. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1167410/cultivo-protegido-de-hortalicas-em-solo-e-em-substrato>. Acesso em: 15 out. 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT: Crops and livestock products**. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 26 jan. 2026.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World food and agriculture – Statistical yearbook 2024**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc8166en>. Acesso em: 26 jan. 2026.

FENG, D. et al. Exogenous calcium: its mechanisms and research advances in plant stress resistance. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1143963>. Acesso em 03 dez. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Acesso em: 25 mar 2025.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Colheita e manuseio pós-colheita. In: ALVES, R. E. (Org.). **Melão pós-colheita**. Brasília: Embrapa-SPI, 2000. p. 23–41. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/132423>. Acesso em: 22 nov. 2025.

FLORES-LEÓN, A. et al. **Valorizing Ibericus traditional melons for organic farming**. **Scientia Horticulturae**, v. 352, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114437>. Acesso em: 1 fev. 2026.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 481, p. 777–778, 1999. Disponível em: https://www.actahort.org/books/481/481_98.htm. Acesso em: 2 set. 2025.

GAO, H. et al. Protected cultivation can mitigate carbon emissions for vegetable and fruit production. **Journal of Cleaner Production**, v. 439, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrcom.2024.100065>. Acesso em: 14 fev. 2025.

GRUDA, N. Impacts of protected vegetable cultivation on climate change. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p. 324–339, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.295>. Acesso em: 29 abr. 2025.

GRUDA, N. S. Soilless cultivation: precise nutrient provision and growth promotion in modern agriculture. **Plants**, v. 14, n. 14, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants14142203>. Acesso em: 14 nov. 2025.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. Disponível: <https://bookman.com.br/produto/analise-multivariada-de-dados-6-edicao>. Acesso em: 13 jun. 2025.

HASANUZZAMAN, M. et al. Regulation of plant growth and physiology by mineral nutrients under salinity stress. **Physiologia Plantarum**, v. 170, n. 4, p. 1–27, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/13993054>. Acesso em: 18 nov. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes – melão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 jan. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal 2024/2025**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura>. Acesso em: 26 jan. 2026.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

MANISHANKAR, P. et al. Calcium signaling during salt stress and in the regulation of ion homeostasis. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 17, p. 4215–4226, 2018. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/69/17/4215/5003005>. Acesso em: 15 mar. 2025.

MARUYAMA, W. I. et al. Condução de melão rendilhado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 4–8, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000300006>. Acesso em: 3 dez. 2025.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance—current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 2, p. 115–134, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001137>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MORAIS, P. L. D. et al. Effects of nutrient solution salinity on melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 713–718, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n321rc>. Acesso em: 19 dez. 2025.

MOSTOFA, M. G. et al. Potassium in plant physiological adaptation to abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 187, p. 1–14, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35932652/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **Plant, Cell & Environment**, v. 38, p. 223–234, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26108441/>. Acesso em: 26 ago. 2025.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>. Acesso em 1 dez. 2025.

NEGREIROS, A. M. P. et al. Enhancing melon production and quality through saline water and nutrient management. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n312rc>. Acesso em: 15 dez. 2025.

OLIVEIRA, Francisco A. et al. Electrical conductivity of the nutrient solution for soilless cultivation of kohlrabi. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 129–135, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220201>. Acesso em: 16 jan. 2026.

OLIVEIRA, F. A. et al. Comportamento fisiológico e crescimento de plantas de melancia sob diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 1, p. 439–448, 2016. Disponível em: <https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/365>. Acesso em: 17 de out. 2025.

OLIVEIRA, F. A. et al. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 204–210, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p204-210>. Acesso em: 15 nov. 2025.

OLIVEIRA, G. B. S. et al. Potassium nutrition as a strategy to mitigate salt stress in melon. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3219–3234, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p3219>. Acesso em: 17 set. 2025.

OLIVEIRA, R. R. T. et al. Salt stress and K/Ca ratios in melon production. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230052>. Acesso em: 18 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/>. Acesso em: 2 jan. 2026.

Ó, L. M. G. et al. Production and quality of mini watermelon under drip irrigation with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 766–774, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/wtqfwTzhn9FLDNXvMcjqYWq/>. Acesso em: 5 jan. 2026.

PADUAN, M. T. et al. Qualidade dos frutos de tipos de melão produzidos em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 562–567, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300024>. Acesso em: 13 dez. 2025.

PARISA, D. et al. $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ ratio: a new physiological trait for salt resistance in plants. **BMC Plant Biology**, v. 25, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12616959/>. Acesso em: 1 fev. 2026.

PINTO, F. F. B. et al. Fruit production and dry matter accumulation in Gália melon. **Engenharia Agrícola**, v. 45, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v45nespe120240190/2025>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SANABRIA-VERÓN, N. C. et al. Floral characteristics and reproductive biology in Brazilian melon accessions. **Plants**, v. 14, n. 19, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants14193047>. Acesso em: 2 jan. 2026.

SANTOS, A. S. et al. Growth, physiology and yield of traditional cowpea varieties under salt stress using exogenous magnesium. **Plants**, v. 14, n. 22, p. 3524, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants14223524>. Acesso em: 2 fev. 2026.

SILVA, S. S. et al. Production and quality of watermelon fruits under salinity management strategies and nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, suplemento 2, p. 2923-2936, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p2923>. Acesso em: 25 jan. 2026.

SILVA, G. F. et al. Effect of nitrogen sources on the phenological phases of Italian zucchini under salt stress. **Agriculture**, v. 16, n. 1, p. 62, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture16010062>. Acesso em: 25 jan. 2026.

SOUSA, A. B. O. et al. Production and quality of mini watermelon cv. Smile irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 10, p. 897-902, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n10p897-902>. Acesso em: 14 dez. 2025.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. VARGAS, P. F. et al. REUSE OF SUBSTRATE IN THE PROTECTED CULTIVATION OF MUSKMELON. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 3, p. 599-604, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n311rc>. Acesso em: 19 dez. 2025.

VARGAS, P. F. et al. Salinity management in melon grown in protected cultivation. **Scientia Horticulturae**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110187>. Acesso em: 20 jun. 2025.

VISCONTI, F. et al. Effects of irrigation systems on ‘Piel de Sapo’ melon. **Agricultural Water Management**, v. 226, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105829>. Acesso em: 2 jan. 2026.

ZHOU, H. et al. Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Plant Communications**, v. 5, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2023.08.007>. Acesso em: 15 set. 2025.