



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO NO CULTIVO DE TOMATE-CEREJA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO

FELLYPE JONATHAR LEMOS DA SILVA

CAMPINA GRANDE, PB
MARÇO - 2025

FELLYPE JONATHAR LEMOS DA SILVA

Engenheiro Agrônomo

**SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO
ASCÓRBICO NO CULTIVO DE TOMATE-CEREJA EM SISTEMA
HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientadores: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

CAMPINA GRANDE, PB

MARÇO – 2025

- S586s Silva, Fellype Jonathar Lemos da.
Soluções nutritivas salobras e aplicação foliar de ácido ascórbico no cultivo de tomate-cereja em sistema hidropônico com substrato / Fellype Jonathar Lemos da Silva. – Campina Grande, 2025.
116 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2025.
“Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima”.
- Referências.
1. Tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var.) – Cultivo Hidropônico com Substrato. 2. Irrigação e Drenagem. 3. Composto Não-enzimático. 4. Cerasiforme. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 635.64(043.3)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/225



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

FELLYPE JONATHAR LEMOS DA SILVA

"SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO NO CULTIVO DE TOMATE-CEREJA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 06/03/2025

Hans Raj Gheyi - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Geovani Soares de Lima - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Vera Lucia Antunes de Lima - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Francisco Jean da Silva Paiva - Examinador(a) Externo(a) - PDJ-CNPq/UFCG



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Jean da Silva Paiva, Usuário Externo**, em 24/03/2025, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hans Raj Gheyi, Usuário Externo**, em 24/03/2025, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/03/2025, às 16:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR 3 GRAU, em 25/03/2025, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufmg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador 5243691 e o código CRC 30EAEBC7.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, À DEUS, por me conceder saúde, força e determinação para não desanimar diante dos obstáculos vivenciados e por me abençoar em todos os dias da minha vida!

Aos meus Pais, Francisco João da Silva e Huberlania Lemos da Silva, por todos os conselhos, ensinamentos, incentivos, motivação e apoio para que eu pudesse realizar este sonho e subir mais um degrau na vida acadêmica. Aos meus irmão, Arlisson Diogo Lemos da Silva e Maria Millena Lemos da Silva, pelo carinho, conversas, companheirismo e suporte durante essa jornada. Grato à Deus, pela minha família!

Aos meus avós paternos, João Raimundo e Maria Pereira (*in memoriam*), e avós maternos, Sebastião Guimarães e Maria de Lourdes, por todo apoio e conselhos. Enfim, externo o meu apreço a todos os familiares que me ajudaram de alguma forma direta e/ou indiretamente.

À minha namorada, Alany Raiane, por todo companheirismo, carinho e paciência durante esses anos de pós-graduação, sendo minha parceira de vida e meu ponto de paz, obrigado por sempre me escutar e não medir esforços para que eu pudesse vencer esta etapa da minha vida. Aos pais da minha namorada, José Rodrigues e Marta Rejane, por nossa amizade, respeito, apoio e por toda ajuda durante esses anos. Aos meus cunhados, Francisco José e Maria Isabel, pelo companheirismo durante esta etapa. Grato à Deus, pela vida de cada um.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Hans Raj Gheyi e Prof. Dr. Geovani Soares, por me guiarem, orientarem, e por toda paciência e ensinamentos a mim repassados.

Aos amigos de longa data e aos que fiz durante a pós-graduação, pela grande amizade que construímos e por fazerem parte desta caminhada.

Ao grupo de pesquisa Manejo de água, solo e planta em sistemas de produção irrigados (MASP), em nome dos Professores Geovani e Lauriane, externo meus agradecimentos a todos do grupo, pelos os esforços e a ajuda dessa grande equipe para que esta etapa fosse vencida.

A todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, pelos conhecimentos para minha formação acadêmica. Aos funcionários que compõem o bloco do LEID, por tornarem o ambiente agradável para realização das atividades.

À banca examinadora, pela participação e atribuições para o aprimoramento da minha dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo, como apoio financeiro para realização e conclusão de mestrado.

Por fim, Gratidão à DEUS e a todos aqueles que contribuíram para que esta etapa fosse vencida, e por estarem presente nesse momento tão importante da minha vida, que é a minha formação acadêmica em nível de MESTRADO. Meu mais sincero OBRIGADO!

“À Deus, por me guiar e capacitar em todos os dias desta jornada. Aos meus pais, Francisco João da Silva e Huberlania Lemos da Silva, aos meus irmãos, Arlisson Diogo Lemos da Silva e Maria Millena Lemos da Silva e à minha namorada, Alany Raiane Lemos Figueiredo, por todo apoio, incentivo, companheirismo e suporte durante mais uma etapa na minha trajetória acadêmica.”

Dedico.

*“Consagre ao Senhor
tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos.”*

Provérbios 16:3

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

Eclesiastes 3:1

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
RESUMO GERAL	xviii
GERAL ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	20
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. OBJETIVOS.....	23
2.1. Objetivo geral.....	23
2.2. Objetivos específicos.....	23
3. REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1.Aspectos gerais da cultura do tomate	24
3.1.1.Tomate-cereja	25
3.2.Disponibilidade e qualidade da água no semiárido	26
3.3.Tolerâncias das plantas à salinidade.....	27
3.4.Aplicação foliar de ácido ascórbico como atenuante do estresse salino	29
3.5.Cultivo hidropônico com substrato uma alternativa ao estresse salino.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO II – MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....	41
1. Localização da área experimental.....	41
2. Tratamentos e delineamento experimental	41
3. Cultivar estudada	42
4. Instalação e condução do experimento	42
4.1.Preparo das soluções nutritivas	43
4.1.1. Preparo e manejo das soluções nutritivas salobras.....	44
4.2.Preparo e aplicação do ácido ascórbico.....	45

4.3. Manejo fitossanitário.....	46
5. Variáveis analisadas	46
5.1. Índices fisiológicos.....	46
5.1.1. Trocas gasosas	46
5.1.2. Fluorescência da clorofila a.....	47
5.1.3. Pigmentos fotossintéticos	47
5.1.4. Conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos	49
5.2. Crescimento.....	51
5.3. Produção	52
5.4. Qualidade pós-colheita	53
5.4.1. Caracterização física.....	53
5.4.2. Aspectos físico-químicos	54
6. Análise estatística	58
Referências Bibliográficas.....	58

CAPÍTULO III - MORFOFISIOLOGIA DO TOMATE-CEREJA ‘LARANJA’ CULTIVADO COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO	61
RESUMO.....	61
ABSTRACT	62
1. INTRODUÇÃO.....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4. CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

CAPÍTULO IV - PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATE-CEREJA CULTIVADO EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO	94
RESUMO.....	94
ABSTRACT	95
1. INTRODUÇÃO.....	96
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	97
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
4. CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
 CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS	 117

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Consumo hídrico de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn).....	42
Tabela 2. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950)*.....	43

CAPÍTULO III

Tabela 2. Consumo hídrico do tomateiro-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn).....	65
Tabela 2. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950)*.....	66
Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>Ci</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), eficiência instantânea no uso da água (<i>EiUA</i>) e eficiência instantânea da carboxilação (<i>EiCi</i>) de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	71
Tabela 4. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial – <i>F₀</i> , fluorescência máxima – <i>F_m</i> , fluorescência variável – <i>F_v</i> e eficiência quântica do fotossistema II – <i>F_v/F_m</i> do tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	75
Tabela 5. Resumo das análises de variâncias para os teores de clorofila <i>a</i> (<i>Cl a</i>), <i>b</i> (<i>Cl b</i>), carotenoides (<i>Car</i>), clorofila total (<i>Cl t</i>), conteúdo relativo de água (<i>CRA%</i>) e extravasamento de eletrólitos (<i>EE</i>) em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 dias após a semeadura (DAS).....	78
Tabela 6. Resumo da análise de variância para área foliar (<i>AF</i>) das plantas de tomateiro cultivadas aos 47 dias após a semeadura (DAS); altura de plantas (<i>AP</i>), número de folhas (<i>NF</i>) e diâmetro de caule (<i>DC</i>) de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 (DAS).....	81

Tabela 7. Resumo das análises de variâncias para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca de caule (FSC), fitomassa seca de parte aérea (FSPA) do tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre os períodos 72 e 108 dias após a semeadura (DAS).....	84
---	----

CAPÍTULO IV

Tabela 3. Consumo hídrico de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn).....	98
---	----

Tabela 2. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva, conforme Hoagland e Arnon (1950)*.....	99
---	----

Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para a produção total (PT), peso médio de frutos (PMF), o número de cachos (NC), o número de frutos (NFR), o diâmetro polar (DP) e o diâmetro equatorial (DE) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre o período de 72 e 108 dias após a semeadura (DAS).....	103
---	-----

Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para firmeza – FIRM, sólidos solúveis totais – SST, acidez total titulável – ATT, índice de maturação – IM, potencial hidrogeniônico – pH e ácido ascórbico – AA de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura (DAS).....	106
--	-----

Tabela 5. Resumo da análise de variância para açúcares redutores – AÇR, flavonoides – FLV, antocianinas – ANT e compostos fenólicos – CF de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura (DAS).....	109
--	-----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1. Temperatura (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar média da área interna da casa de vegetação durante o período experimental (12 de abril a 29 de julho de 2024).....	40
Figura 2. Disposição dos vasos na casa de vegetação.....	41
Figura 3. Disposição de plantas após o tutoramento, aos 33 dias após a semeadura – DAS.....	42
Figura 4. Recipientes contendo ácido ascórbico (A) e demonstração da aplicação do ácido utilizando o pulverizador e isolamento com estrutura plástica (B).....	45
Figura 5. Equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda utilizado nas leituras das variáveis de trocas gasosas em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’	46
Figura 6. Utilização de clipe para leitura da fluorescência da clorofila <i>a</i> em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’	46
Figura 7. Amostras com extração dos pigmentos (A) que foram utilizadas para leitura em espectrofotômetro (B).....	47
Figura 8. Discos pesados em balança digital (A). Discos foliares imersos em água destilada (B).....	48
Figura 9. Amostras foliares para determinação da condutividade elétrica inicial (A); amostras em estufa (B); e demonstração de leitura da condutividade elétrica final utilizando um condutivímetro de bancada (C).....	50
Figura 10. Avaliação de crescimento em área foliar (A), altura de planta (B) e diâmetro caulinar (C).....	51
Figura 11. Amostras de folha e caule acondicionadas em estufa de ventilação forçada...51	
Figura 12. Frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ após a colheita (A) e no momento de pesagem em balança digital (B).....	52
Figura 13. Frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ para determinação de diâmetro polar (A) e equatorial (B) e utilização de penetrômetro para avaliação da firmeza (C).....	53
Figura 14. Amostras em tubos de vidro rosqueáveis.....	55
Figura 15. Preparo de amostras em tubos (A); amostra pronta (B); leitura em espectrofotômetro (C).....	56
Figura 16. Leitura de amostras em espectrofotômetro.....	57

CAPÍTULO III

Figura 1. Temperatura (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar média da área interna da casa de vegetação durante o período experimental (12 de abril a 29 de julho de 2024).....	64
Figura 2. Condutância estomática – g_s (A), transpiração – E (B) e concentração interna de CO_2 – C_i (C) do tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} e concentrações de ácido ascórbico - AsA , aos 60 dias após a semeadura.....	72
Figura 3. Taxa de assimilação de CO_2 – A do tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas (A) e das concentrações de ácido ascórbico – AsA (B); eficiência instantânea no uso da água – $EiUA$ (C) e eficiência instantânea da carboxilação – $EiCi$ (D) em função das concentrações de AsA , aos 60 dias após a semeadura.....	74
Figura 4. Fluorescência máxima – F_m (A) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ em função das concentrações do ácido ascórbico - AsA ; fluorescência variável – F_v (B), em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e concentrações de AsA e eficiência quântica do fotossistema II – F_v/F_m (C), em função dos níveis de CE_{sn} , aos 60 dias após a semeadura.....	77
Figura 5. Teores de clorofila a – $Cl\ a$ (A) e clorofila b – $Cl\ b$ (B) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ em função das concentrações do ácido ascórbico - AsA e teores de $Cl\ b$ (C), em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra - CE_{sn} , aos 60 dias após a semeadura.....	79
Figura 6. Teores de carotenoides – Car (A), clorofila total – $Cl\ t$ (B) e extravasamento de eletrólitos – EE (D) do tomate-cereja ‘Laranja’ em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra- CE_{ns} , e conteúdo relativo de água – $CRA\%$ (C) em função da interação entre os níveis de CE_{sn} e concentrações de ácido ascórbico - AsA , aos 60 dias após a semeadura.....	80
Figura 7. Área foliar – AF (A), altura de plantas – AP (B) e número de folhas – NF (C) do tomate-cereja ‘Laranja’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra – CE_{sn} e as concentrações de ácido ascórbico - AsA , e diâmetro de caule – DC (D) em função dos níveis de CE_{sn} , aos 47 (AF) e 60 (demais variáveis) dias após a semeadura.....	83

Figura 8. Fitomassa seca de folhas – FSF (A) e da parte aérea – FSPA (B) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra – CEsn e das concentrações de ácido ascórbico - AsA e fitomassa seca de caule – FSC (C) em função dos níveis de CEsn, aos 108 dias após a semeadura.....85

CAPÍTULO IV

Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa do ar média da área interna da casa de vegetação durante o período 12 de abril e 29 de julho de 2024.....97

Figura 2. Produção total – PT (A), peso médio de frutos – PMF (B), número de cachos – NC (C) e número de frutos – NFR (D) de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.....104

Figura 3. Diâmetro polar – DP (A) e diâmetro equatorial – DE (B) de frutos tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.....106

Figura 4. Firmeza – FIRM de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e as concentrações do ácido ascórbico - AsA, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.....107

Figura 5. Sólidos solúveis totais – SST (A), acidez total titulável– ATT (B) e ácido ascórbico – AA (C) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentrações do ácido ascórbico - AsA, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.....108

Figura 6. Flavonoides – FLV (A) e antocianinas – ANT (B) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de solução nutritiva - CEsn e concentrações do ácido ascórbico - AsA; compostos fenólicos – CF (C) de frutos de tomate-cereja em função dos níveis de CEsn, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.....111

SILVA, F. J. L. da. **Soluções nutritivas salobras e aplicação foliar de ácido ascórbico no cultivo de tomate-cereja em sistema hidropônico com substrato**. 2025. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Campina Grande. Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola. Campina Grande, PB.

RESUMO GERAL

No semiárido brasileiro por causa do uso de fontes hídricas com elevados teores de sais, as plantas ficam constantemente expostas às condições de estresse salino. Assim, é de extrema importância a identificação de estratégias capazes de mitigarem os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas, dentre elas, destaca-se a aplicação foliar de ácido ascórbico. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido ascórbico nos índices fisiológicos, o crescimento, a produção e a qualidade pós-colheita do tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado em soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de casa-de-vegetação, na Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande, Paraíba, com uso do delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5×5 , correspondendo a cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (2,1-Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações do ácido ascórbico – AsA (0; 150; 300; 450 e 600 mg L⁻¹) com 4 repetições. De acordo com os resultados, as condutividades elétricas das soluções nutritivas a partir de 2,1 dS m⁻¹ afetaram negativamente os índices fisiológicos, o crescimento, os componentes de produção e compostos fenólicos do tomateiro-cereja ‘Laranja’. Contudo, em relação aos demais tratamentos, a aplicação foliar de ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ associada à solução nutritiva com CE de 2,1 dS m⁻¹ aumentou a condutância estomática, a transpiração, a taxa de assimilação de CO₂, a fluorescência variável, a área foliar, a altura de plantas e o número de folhas do tomateiro-cereja ‘Laranja’. A solução nutritiva salobra com CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ mais aplicação do AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ aumentaram os parâmetros de firmeza, sólidos solúveis totais e acidez total titulável. AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ elevou a eficiência instantânea no uso da água, a eficiência instantânea da carboxilação, a fluorescência máxima e a síntese de clorofilas *a* e *b*. A CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ aumentou os teores de ácido ascórbico, flavonoides e antocianinas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme; composto não-enzimático; cultivo em substrato; estresse abiótico.

SILVA, F. J. L. da. **Brackish nutrient solutions and foliar application of ascorbic acid in cherry tomato cultivation in a hydroponic system with substrate**. 2025. 116p. Dissertation (Master's Degree in Agricultural Engineering – Irrigation and Drainage). Federal University of Campina Grande. Postgraduate Program in Agricultural Engineering. Campina Grande, PB.

GERAL ABSTRACT

In the Brazilian semiarid region, due to the use of water sources with high salt content, plants are constantly exposed to saline stress conditions. Therefore, it is extremely important to identify strategies capable of mitigating the deleterious effects of saline stress on plants, among which the foliar application of ascorbic acid stands out. The objective of this study was to evaluate the effect of foliar application of ascorbic acid on the physiological indices, growth, production and postharvest quality of ‘Laranja’ cherry tomatoes grown in brackish nutrient solutions in a hydroponic system with substrate. The research was conducted under greenhouse conditions at the Federal University of Campina Grande, Campina Grande Campus, Paraíba, using a randomized block design in a 5×5 factorial scheme, corresponding to five levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC_{sn} (2.1-Control; 2.8; 3.5; 4.2 and 4.9 dS m⁻¹) and five concentrations of ascorbic acid - AsA (0; 150; 300; 450 and 600 mg L⁻¹) with 4 replicates. According to the results, the electrical conductivities of the nutrient solutions from 2.1 dS m⁻¹ negatively affected the physiological indices, growth, production components and phenolic compounds of the cherry tomato plant ‘Laranja’. However, in relation to the other treatments, the foliar application of ascorbic acid at a concentration of 600 mg L⁻¹ associated with the nutrient solution with EC of 2.1 dS m⁻¹ increased the stomatal conductance, transpiration, CO₂ assimilation rate, variable fluorescence, leaf area, plant height and number of leaves of the cherry tomato ‘Laranja’. The brackish nutrient solution with EC_{sn} of 4.9 dS m⁻¹ plus the application of AsA at a concentration of 600 mg L⁻¹ increased the parameters of firmness, total soluble solids and total titratable acidity. AsA at a concentration of 600 mg L⁻¹ increased the instantaneous efficiency in water use, the instantaneous efficiency of carboxylation, maximum fluorescence and the synthesis of chlorophylls *a* and *b*. The EC_{sn} of 4.9 dS m⁻¹ increased the contents of ascorbic acid, flavonoids and anthocyanins.

Keywords: *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme; non-enzymatic compound; substrate cultivation; abiotic stress.

1. INTRODUÇÃO

O tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) é uma hortaliça de ciclo anual que se destaca pelos frutos de menor tamanho e sabor mais adocicado, diferente de outras variedades, com suas dimensões variando entre 2 e 3 cm (GONÇALVES et al., 2018). É uma das olerícolas de maior importância socioeconômica devido às suas propriedades nutricionais e suas formas de comercialização, podendo ser consumido *in natura*, ou por meio de produtos processados, como molhos, geleias, extratos, entre outros (QUINTANILHA et al., 2019). No ano de 2023, a safra nacional de tomate no Brasil, envolvendo os segmentos de mesa e processamento, totalizou 4.166.017 toneladas, com destaque de maior produtor para o estado de Goiás, cerca de 704.424 toneladas foram produzidas na região Nordeste, sendo 25.638 toneladas no estado da Paraíba (IBGE, 2024).

Em áreas semiáridas do Nordeste brasileiro, a escassez qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos está associada às condições climáticas, como a irregularidade das precipitações, a ocorrência de pluviosidade em torno de 240 a 800 mm por ano, a temperatura e evaporação elevadas aceleram a redução do volume de água dos reservatórios (MELO FILHO et al., 2019). Dessa forma, a irrigação com águas salobras é necessária para expansão dos cultivos irrigados, principalmente, em épocas de estiagem, situação que predomina na maioria dos meses do ano. Entretanto, o uso de águas com elevados teores de sais proporciona acúmulo de íons na zona radicular das culturas aumentando o risco de salinização e/ou sodificação das áreas irrigadas (SOUSA et al., 2020).

O excesso de sais dissolvidos nas fontes hídricas pode ocasionar de forma direta efeitos de natureza osmótica e iônica e, indiretamente, o estresse oxidativo. Assim, o efeito osmótico se manifesta pela redução do potencial, o que ocasiona restrição na absorção de água e nutrientes pelas plantas. Já o efeito iônico, também conhecido por toxidez de íons específicos, ocorre pelo acúmulo de sódio, cloro e boro nos tecidos vegetais (MESQUITA et al., 2014; SANTOS et al., 2016). As plantas cultivadas sob condições de estresse salino produzem espécies reativas de oxigênio (EROs), durante o processo fotossintético e o desbalanço entre a produção e a remoção dessas EROs, proporciona acúmulo e culmina no estresse oxidativo (KAMRAN et al., 2023).

A maioria das espécies olerícolas são classificadas como sensíveis à salinidade da água de irrigação, como é o caso do tomateiro, cuja salinidade limiar da água é de 2,5 dS m⁻¹, níveis salinos acima podem ocasionar diversos danos na cultura, a exemplo do crescimento e a produção de frutos (PORTO et al., 2017; VIOL et al., 2017; SOUZA et al., 2019).

Diante do cenário apresentado, faz-se necessária a adoção de estratégias para o uso de águas salobras na irrigação, com o objetivo de garantir uma produção economicamente viável. Dentre as alternativas possíveis para mitigar os efeitos do estresse salino, o cultivo sem solo (hidropônico) se destaca como uma alternativa promissora, uma vez que, o efeito dos sais pode ser minimizado em comparação aos cultivos em solo, por causa da ausência do potencial matricial, aumentando a energia livre da água, facilitando sua absorção pelas plantas (SAUSEN et al., 2020). Cada sistema possui particularidades que resultam em vantagens e limitações, o hidropônico com substrato proporciona economia considerável de energia elétrica e equilíbrio satisfatório entre aeração e disponibilidade hídrica para as plantas (SCHAFER e LERNER, 2022).

Outra estratégia possível é a aplicação de compostos não-enzimáticos como agentes mitigadores do estresse salino, como a aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), uma molécula antioxidante solúvel em água, que atua como um substrato primário na via cíclica para a desintoxicação de radicais livres, como superóxido (O_2^-) e hidroxila ($\text{OH}^\cdot$) e, como substrato de ascorbato peroxidase, uma enzima essencial da via ascorbato-glutationa (SHARMA et al., 2019). Sua aplicação via foliar pode inibir a peroxidação lipídica, a degradação das proteínas e DNA, melhorando a capacidade antioxidante dos tecidos vegetais (ZHOU et al., 2016; HASSAN et al., 2021). Assim, a alta atividade oxidante do AsA está diretamente associada à proteção da planta contra estresses bióticos e abióticos (AKRAM et al., 2017).

Na literatura, há relatos da aplicação foliar de AsA em diversas culturas como alternativa para reduzir os efeitos do estresse salino ao aumentar as atividades das enzimas antioxidante, como no maracujazeiro-azedo (CAETANO et al., 2024), morangueiro (CRIZEL et al., 2020) e tomateiro (CHEN et al., 2024). Sobre o assunto, Alves (2019), em pesquisa com a aplicação de ácido ascórbico (0 e 100 mM) no pré-tratamento de sementes para o cultivo de mini-tomateiro sob estresse salino (0 e 100 mM de NaCl), observou aumento do potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água, clorofila total e carotenoides. No estudo de Hassan et al. (2021), com a cevada (*Hordeum vulgare* L.) sob diferentes níveis salinos (0, 50, 100 e 150 mM) e aplicação foliar de ácido ascórbico (0,

30 e 60 mM) constataram que, a aplicação foliar de ácido ascórbico melhorou as características morfofisiológicas e diminuiu o estresse oxidativo nas plantas, aumentando as atividades de compostos antioxidantes (enzimáticos e não-enzimáticos).

Diante do apresentado, considerando a importância da produção de tomate no agronegócio e a necessidade de seu cultivo sob condições irrigadas no semiárido do Nordeste brasileiro, é de extrema importância o desenvolvimento de pesquisas que tenham como propósito a identificação de estratégias capazes de mitigar os efeitos do estresse salino sobre as plantas, a exemplo do cultivo hidropônico com substrato e aplicação foliar de ácido ascórbico, como uma opção para a utilização de águas salobras, de forma sustentável sem comprometer a produção do tomateiro. Todavia, em relação ao tomate-cereja ‘Laranja’ ainda são incipientes estudos que avaliem os efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico na mitigação do estresse salino, sobretudo, em condições de semiárido do Nordeste brasileiro.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido ascórbico nos índices fisiológicos, o crescimento, a produção e a qualidade pós-colheita do tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado com soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a* das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado com soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato e aplicação foliar de ácido ascórbico;

Quantificar os teores de pigmentos fotossintéticos, o extravasamento de eletrólitos e o conteúdo relativo de água das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivadas com soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato e aplicação foliar de ácido ascórbico;

Mensurar o crescimento do tomateiro-cereja ‘Laranja’ cultivado em sistema hidropônico com substrato e aplicação foliar de ácido ascórbico;

Avaliar a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ das plantas cultivadas sob salinidade da solução nutritiva em sistema hidropônico com substrato e aplicação foliar de ácido ascórbico;

Determinar uma concentração ácido ascórbico capaz de reduzir os efeitos do estresse salino sobre o tomateiro-cereja ‘Laranja’ cultivado em sistema hidropônico com substrato nas condições de semiárido do Nordeste brasileiro.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais da cultura do tomate

O tomateiro (*Solanum lycopersicon* L.) é uma espécie amplamente cultivada na maioria dos países e muito difundida em praticamente todos os continentes. A espécie cosmopolita é originária da cultivar cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), cultivada inicialmente na costa oeste da América do Sul, região da cordilheira dos Andes, que abrange do Norte do Chile até o Equador, sendo conhecida como uma planta de jardim de caráter decorativo, acreditava-se que a coloração vermelha dos frutos estaria relacionada com alguma toxicidade (ALVARENGA, 2004; FIGUEIRA, 2008). É uma olerícola de sistema radicular composto de raiz axial que se desenvolve até atingir uma profundidade de 50 cm ou mais, em que, a raiz principal produz um denso conjunto de raízes laterais e adventícias muito ramificadas e potentes, podendo alcançar 1,5 m de circunferência lateral, além disso, o colo do tomateiro também tem a capacidade de emitir raízes (COSTA et al., 2013; SANTOS et al., 2015; MACIEL et al., 2017).

O caule do tomateiro pode atingir o comprimento de 1,2 a 2,5 m, podendo ser ramificado, rasteiro ou trepador, flexível, com presença de tricomas do tipo simples ou glandulares, inicialmente é ereto, mas com o aumento do peso das ramas necessita de tutoramento. A altura do caule também é influenciada pelo tipo de crescimento que pode ser do tipo determinado ou indeterminado (FIGUEIRA, 2008). Assim, as cultivares com crescimento determinado, são aquelas cujo seu crescimento cessa após a emissão das flores, em geral, utilizadas para tomate indústria, apresentam maturação de seus frutos mais uniforme e possibilita a colheita mecanizada. Nas cultivares de crescimento indeterminado, a planta continua o seu desenvolvimento após o surgimento das flores, resultando em maior altura, folhagem mais abundante e o prolongamento da colheita e são destinadas à produção de tomate *in natura* (PIOTTO e PERES, 2012).

As folhas do tomateiro são caracterizadas por um grande folíolo terminal de forma alternada, pecioladas, pinadas e com margens dentadas, forma oval até oblonga, cobertas com pelos glandulares (GOMES, 2016). Entre as folhas se desenvolvem as flores que são hermafroditas, de cálice curto e peludo, sépalas persistentes, cor amarela e recurvas quando maduras (GOMES, 2016; LUCIANO et al., 2019).

O fruto do tomate é do tipo baga, o seu formato varia em redondo, oblongo, achatado ou piriforme. Sua cor varia do verde, passando pelo amarelo, laranja, rosado, até o vermelho vivo, de acordo com a cultivar, sendo que pode apresentar um padrão liso

ou com estrias. Com relação aos aspectos nutricionais, ele é rico em licopeno, vitaminas dos complexos A e B e minerais importantes, como o fósforo e o potássio, além de ácido fólico, cálcio e frutose (PEIXOTO et al., 2017). De acordo com a finalidade da produção, a cultura pode ser classificada como tomate indústria com cultivo destinado ao processamento industrial na fabricação de produtos, como doces, geleias, bebidas e molhos (COSTA et al., 2020) e o tomate mesa para a venda *in natura*, com destaque para o tomate-cereja (QUINTANILHA et al., 2019).

Com relação à temperatura, o tomateiro germina, emite folhas, flores e produz, satisfatoriamente com temperaturas entre 21 °C e 28 °C, podendo variar de acordo com a variedade e outros fatores. Temperaturas superiores a 34 °C podem causar distúrbios respiratórios nas folhas, abortamento de flores e prejudicar a maturação dos frutos pela redução da síntese de licopeno e o aumento da concentração de caroteno, gerando frutos com coloração mais amarelada ao invés do vermelho intenso (PRECZENHAK, 2013).

3.1.1. Tomate-cereja

O tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) ganha cada vez mais destaque entre as variedades de tomate, por possuir tamanho menor quando comparado com o tomate tradicional, além de ser considerado um ingrediente versátil na gastronomia moderna, com alto teor de antioxidantes e que confere sabor mais adocicado, tornando-o mais palatável (PINTO, 2017). Conforme afirma Silva (2011), os mini tomates apresentam elevado teor de sólidos solúveis e de licopeno, com uma atraente cor vermelha e amarela, em algumas variedades, são bastante apreciados por seu alto valor nutricional, características que conferem uma ampla aceitação e demanda pelos consumidores, alcançando preços compensadores no mercado dependendo da região de cultivo, clima e manejo adotado.

As características sensoriais e a aceitação do tomate do tipo cereja pelos consumidores foram primordiais para o aumento do seu cultivo, o que impacta no crescimento da sua produção. Seus frutos pequenos têm sabor delicado e suculento, e são excelentes para alimentação fresca, sendo bastante usados em saladas (LIU et al., 2018). Entre os produtores se destaca por sua boa adaptabilidade à diferentes sistemas de cultivo, dentre eles, o cultivo sem solo com maior eficiência no uso da água e uma menor necessidade de adubos e defensivos. (ROCHA et al., 2009; PACHECO, 2017).

A classificação dos frutos de tomate-cereja, pode estar relacionada ao estágio de maturação, Monteiro et al. (2018), segue de acordo com a coloração do fruto, em Verde (estágio 1), Rosado (estágio 2), Vermelho (estágio 3) e Vermelho Maduro (Estágio 4). No entanto, outra classificação é citada por Fernandes et al. (2007), que segue de acordo com tamanho e peso, como gigante ($\varnothing > 35$ mm e peso > 20 g), grande ($>30 \varnothing < 35$ mm e peso entre 15 e 20 g), médio ($25 > \varnothing < 30$ mm e peso entre 10 e 15 g) e pequeno ($15 > \varnothing < 25$ mm e peso entre 5 e 10 g).

A produtividade do tomate de tamanho comum, fica em torno de 120 a 180 t ha⁻¹, superior ao tomate-cereja (40 a 60 t ha⁻¹). No entanto, a diferença de produtividade é compensada pelo valor agregado que a variedade cereja possui em relação ao tomate comum, apresentando ampla aceitação pelo consumidor e alto valor comercial alcançado pelo produto (RENUKA et al., 2014; CASTAÑEDA et al., 2020).

Mas, em regiões semiáridas a produção de tomate-cereja é afetada de forma negativa pelas altas temperaturas e baixa umidade, fatores que prejudicam a frutificação e fixação dos frutos em decorrência da menor liberação e germinação do grão de pólen, podendo gerar frutos pequenos, além de anomalias, como escaldaduras e alteração da cor dos frutos pela redução da síntese de licopeno (MOHAMMED et al., 1996).

3.2. Disponibilidade e qualidade da água no semiárido

O Brasil está entre os dez países com a maior área disponível para irrigação, equivalente a 7 milhões de hectares. Em 2019, o consumo total de água estimado foi de 65 trilhões de litros, sendo que o principal uso, 49,8% para agricultura irrigada (FAO, 2017; ANA, 2021). A região Nordeste representa 18,3% do território brasileiro, ocupando uma área de 1.561,177,8 km², dos quais 841.260,9 km² (53,9%) são caracterizados como semiárido, região que há má distribuição temporal e espacial das precipitações (BARROSO et al. 2011; SANTOS et al. 2017).

O semiárido é uma região que apresenta limitação do volume de escoamento de água dos rios, por causa da variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, o que ocasiona em uma densa rede de rios intermitentes, com poucos rios perenes (GUIMARÃES et al., 2016). Nessa região, as águas subterrâneas são as mais empregadas na irrigação por serem mais abundantes. Mas, é comum apresentarem níveis elevados de sais dissolvidos em função do território nordestino ser constituído por mais de 80% de rochas cristalinas (GUIMARÃES et al., 2016). Além dos teores de sais

dissolvidos, a composição iônica das águas é de grande importância para a irrigação, ambos os fatores refletem diretamente na sua qualidade para fins agronômicos (HOLANDA et al., 2010).

A presença de solos cristalinos limita o acesso à água existente nos aquíferos subterrâneos na maior parte de abrangência do semiárido. Assim, quando se tem acesso por meio de poços de baixa profundidade, a qualidade da água torna-se um fator limitante para o consumo animal, humano e, principalmente, para expansão dos cultivos irrigados, em razão das concentrações de sais (SANTOS et al., 2021). Os principais íons relacionados à salinidade são os cátions sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e os ânions cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e nitrato (NO_3^-) (MORAIS et al., 2018; WALTER et al., 2018; SILVA et al., 2020).

As águas para fins de irrigação devem ser avaliadas, sobretudo, três aspectos considerados importantes na determinação da qualidade: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons (COSTA et al., 2005). A salinidade diz respeito ao acúmulo de sais em sua forma solúvel, que resultam na diminuição do potencial osmótico do solo com redução na sua absorção de água e, por conseguinte, ocasionam alterações na absorção seletiva de nutrientes (LIMA et al., 2017). A sodicidade refere-se ao acúmulo de íons de sódio (Na^+) que estão presentes na água de irrigação e elevam a percentagem de sódio trocável no solo, para medir o seu risco, utiliza-se a condutividade elétrica da água mais a relação de adsorção de sódio (RAS): relação entre os íons Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (SILVA, 2013). Também de acordo com Silva (2013), a toxicidade de íons corresponde ao efeito de alguns íons (cloreto, sódio e boro) sobre as plantas, que quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção.

3.3. Tolerâncias das plantas à salinidade

Embora a salinidade promova efeitos osmóticos e iônicos nos vegetais, as diversas espécies ou cultivares respondem de forma diferente, assim, para atenuar os efeitos do estresse salino, as plantas desenvolvem estratégias fisiológicas, bioquímicas e morfológicas de aclimação e adaptação à ambientes salinos, como redução na área foliar, compartimentação dos íons salinos no vacúolo da célula, ajustamento osmótico, dentre outros (SILVA et al., 2018). A habilidade de sobreviver sob altas concentrações

de sais solúveis e conseguir completar seu ciclo de vida sob essa condição de estresse, confere a algumas plantas o status de tolerantes à salinidade (ETESAMI e GLICK, 2020).

De acordo com o nível de tolerância, as plantas se dividem em dois grandes grupos: halófitas e glicófitas, as halófitas são potencialmente mais tolerantes à salinidade por possuírem estratégias mais eficientes na convivência com o estresse salino, enquanto que as glicófitas são menos tolerantes aos sais ou extremamente sensíveis, havendo uma alta variabilidade entre espécies e cultivares, em função dos mecanismos de tolerância que cada uma apresenta (DIAS et al., 2016). A tolerância das halófitas à salinidade está relacionada a capacidade de promover o ajustamento osmótico mais eficiente ao estresse salino, possuírem mecanismos de exclusão dos íons de Na^+ e Cl^- em suas estruturas morfológicas, como glândulas secretoras e pelos vesiculares, as glicófitas não possuem mecanismos bem definidos de resistência à salinidade, por isso, são sensíveis ao estresse salino (SILVA et al., 2018).

Conforme Dias et al. (2016), as diferentes espécies e cultivares de plantas respondem de formas diferentes aos efeitos negativos da salinidade, havendo para cada espécie ou cultivar um limite tolerável de salinidade que não causa redução na produção potencial e a partir do qual a produção passa a diminuir à medida que se incrementa a salinidade da água de irrigação. Além do mais, a tolerância e a sensibilidade das plantas à salinidade dependem, sobretudo, do tipo de sal, do método e da frequência de irrigação, das condições climáticas, dentre outros.

O tomateiro é uma cultura que possui salinidade limiar da água de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, classificado como moderadamente sensível à salinidade, níveis de condutividade elétrica da água superiores ao estabelecido podem causar efeitos deletérios para a germinação, o crescimento, a produção e a qualidade dos frutos (VIOL et al., 2017; SOUZA et al., 2019). O tomateiro expressa maior sensibilidade ao estresse salino no crescimento inicial, porém, pode variar em função da espécie, genótipo, fase de desenvolvimento, manejo de irrigação e adubação (MAAS, 1984).

Vários autores relataram os efeitos da salinidade sobre diversas hortaliças, sobretudo, na cultura do tomateiro. Tola et al. (2024), ao avaliarem o rendimento de plantas de tomate enxertadas e não enxertadas cultivadas em sistema hidropônico sob três níveis de salinidade da água ($2,5$; $6,0$ e $9,5 \text{ dS m}^{-1}$), afirmaram que os tomates podem ser cultivados com sucesso em sistemas hidropônicos usando níveis de salinidade de até $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ e, níveis de salinidade acima do tolerado podem impactar de forma negativa o rendimento e a qualidade dos frutos. Também em cultivo hidropônico, Guedes et al.

(2023) concluíram que, as CEs a partir de 2,1 dS m⁻¹ reduziram as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos, o conteúdo relativo de água e o crescimento do tomate-cereja.

Roque et al. (2022), em estudo sobre o tomate-cereja irrigado com diferentes condutividades elétricas da água de irrigação (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹) e cinco doses de nitrogênio (50; 75; 100; 125 e 150% da dose recomendada), observaram que os níveis de salinidade da água de irrigação a partir de 0,3 dS m⁻¹ reduziram a condutância estomática, a transpiração e a taxa de assimilação de CO₂ e os componentes de produção do tomate-cereja. Entretanto, Paiva et al. (2018) em pesquisa com o tomate-cereja verificaram que, o uso de água com níveis de salinidade entre 2,0 e 3,5 dS m⁻¹ melhoraram a qualidade de frutos pela razão sólidos solúveis/acidez titulável. Por fim, é importante ressaltar que o nível de tolerância e/ou sensibilidade varia entre as plantas e/ou cultivares, fase de desenvolvimento, zona climática, práticas de manejo de irrigação e adubação, sendo importante o estudo de cada condição.

3.4. Aplicação foliar de ácido ascórbico como atenuante do estresse salino

Nos últimos anos, se intensificaram as buscas por estratégias que visem mitigar os efeitos do estresse salino sobre as plantas, principalmente, com uso de atenuantes, como o ácido ascórbico (AsA) (BILLAH et al., 2017, KAUR e GUPTA, 2018). O AsA é uma vitamina solúvel em água de fácil absorção e seu acúmulo ocorre, preferencialmente, nas folhas. Ele modula uma série de fatores fundamentais em plantas sob condições de estresse, melhorando assim, a tolerância das plantas em ambientes salinos (KRUPA-MALKIEWICZ et al., 2015, AKRAM et al., 2017, KAUR E GUPTA, 2018). É um composto não-enzimático que atua como um antioxidante, além de ser um cofator enzimático age como precursor da síntese de oxalato e tartarato. Também pode ser considerado um antioxidante essencial para as plantas, sendo capaz de eliminar diretamente espécies reativas de oxigênio (EROs), como O₂^{•-}, H₂O₂ e ¹O₂, participa da regeneração da vitamina E e da reação da ascorbato peroxidase (APX), desempenhando um papel central nos mecanismos de defesa antioxidante da planta (KAMRAN et al., 2023), que protege os processos metabólicos contra o H₂O₂ e outros derivados tóxicos do oxigênio (EL-BASSIOUNY e SADAK, 2015).

As suas propriedades químicas doam elétrons a um grande número de reações enzimáticas e não enzimáticas, atuando como uma molécula celular com grande potencial antioxidante, protegendo organelas e células contra as espécies reativas de oxigênio e evitando seu acúmulo induzido pelo estresse salino (NUNES et al., 2020). Por causa da sua localização apoplástica, o AsA desempenha um papel vital na percepção do estresse, na homeostase redox e regulação do estresse oxidativo e das respostas físico-bioquímicas da planta sob estresses abióticos (AKRAM et al., 2017).

Sendo assim, a aplicação foliar de AsA como antioxidante em plantas é necessária para neutralizar o estresse oxidativo, além de outros processos do metabolismo vegetal. Ele desempenha papel chave na tolerância ao sal de muitas plantas halófitas e é prontamente absorvido após aplicação exógena movendo-se dentro da planta, sendo a aplicação foliar capaz de melhorar a tolerância das plantas ao estresse salino (ATHAR et al. 2008; HAMEED et al. 2015). Por essa razão, a sua aplicação exógena vem sendo considerada um eficiente tratamento para mitigar o efeito deletério da salinidade na cultura do tomate (ALVES, 2019).

Na prática, estudos realizados com a aplicação de AsA, apresentaram resultados promissores em diversas espécies agrícolas sob condições de estresse salino, sobretudo, na cultura do tomate. Chen et al. (2024), após avaliação do efeito da aplicação exógena de AsA ($0,05 \text{ mmol L}^{-1}$) nas vias da síntese de clorofila em mudas de tomate sob estresse salino (100 mmol L^{-1} de NaCl), observaram que a aplicação exógena de AsA na concentração de $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$ aumentou o conteúdo de precursores de pigmentos fotossintéticos e elementos essenciais. Ainda com base na literatura, a aplicação de AsA (0 e 100 mM) no pré-tratamento de sementes para o cultivo mini tomateiro sob estresse salino (0 e 100 mM de NaCl), Alves (2019), observou aumento do potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água, clorofila total e carotenoides.

Além do mais, evidências científicas apontam efeitos da aplicação via foliar de AsA em outras culturas. El-Bassiouny e Sadak (2015), após estudo sobre aplicação foliar de AsA na neutralização dos efeitos deletérios da salinidade em linhaça (*Linum usitatissimum* L.), concluíram que a aplicação na concentração de 400 mg L^{-1} pode mitigar os efeitos adversos da salinidade por meio do aumento do ácido nucléico (DNA e RNA), junto com maiores atividades de enzimas antioxidantes e proteínas responsivas ao estresse salino e a redução da peroxidação lipídica. Hassan et al. (2021), também observaram que a aplicação de AsA (0, 30 e 60 mM) via foliar aumenta a tolerância da

cevada (*Hordeum vulgare* L.) sob os efeitos deletérios da salinidade (0, 50, 100 e 150 mM).

Embora seja amplamente conhecido o papel do AsA na desintoxicação de EROs, principalmente, em condições de estresse salino, ainda são incipientes estudos que avaliem os efeitos de sua aplicação em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, fato que enfatiza a importância do presente estudo para expansão da sua produção em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro.

3.5. Cultivo hidropônico com substrato uma alternativa ao estresse salino

Na região semiárida, as águas subterrâneas amplamente utilizadas nos cultivos irrigados são consideradas de qualidade inferior pelo alto teor de sais presentes na solução, no entanto, são as principais fontes para a irrigação, visto que nos períodos de estiagem os rios e pequenos córregos cessam o escoamento e os açudes secam ou reduzem drasticamente o nível de água, por causa da elevada evaporação da água e ausência de reposição pela falta de chuvas (SILVA et al., 2022).

Diante da escassez hídrica, a hidroponia, ou cultivo sem solo, surge como tecnologia eficaz para uma produção alimentar mais sustentável, com menos uso de água e que contribui para aumentar a produção alimentar e melhorar a sua qualidade, conservando os recursos hídricos e preservando o ambiente (TOLA et al., 2024). Dentre as técnicas de cultivo hidropônico se destacam o sistema de aeração estática (flutuante), o cultivo em substratos e a técnica de filme nutriente (NFT) (MOUROUTOGLOU et al., 2021).

De forma mais específica, o cultivo hidropônico com substrato, cada vez mais se populariza em países da Europa, nos EUA, no México, na China, no Norte da África e no Brasil, principalmente no cultivo de hortaliças-fruto, tais como tomate (MIRANDA et al., 2023). Nele as plantas são cultivadas em contentores (vasos, sacos de cultivo ou slabs, calhas etc.) contendo um substrato e com aplicação frequente de uma solução nutritiva.

Conforme Andriolo et al. (2004), é um sistema que apresenta vantagens quando comparado com a hidroponia convencional, com destaque para uma redução no tempo de irrigação, uma vez que, o substrato mantém umidade do meio radicular por mais tempo, ocasionando menor consumo de energia e podendo proporcionar economia de até 92%. Além do mais, oferece maior segurança em eventuais problemas no fornecimento de

energia, já que, o volume de substrato e sua alta capacidade de retenção de água possibilitam maior intervalo de irrigação (ANDRIOLO et al., 2004).

Assim, a hidroponia é uma alternativa viável para a produção de hortaliças e pode reduzir em até 70% o consumo de água em relação ao cultivo convencional (no solo) e os impactos ambientais causados pela irrigação, além de controle preciso do pH, condutividade elétrica, fornecimento de nutrientes às plantas e reduz os efeitos do estresse salino nas plantas por não conter o potencial mátrico (SAUSEN et al., 2020). Um exemplo na prática é o trabalho de Neta (2021), que ao comparar o desempenho da alface em diferentes sistemas hidropônicos: NFT, hidropônico com substrato e flutuante, afirmou que o cultivo hidropônico com substrato proporciona maior desenvolvimento das plantas em relação aos demais, com solução nutritiva mais concentrada ($2,9 \text{ dS m}^{-1}$).

Em cultivo hidropônico com substrato a condutividade elétrica (CE) adequada da solução nutritiva é um fator fundamental para uma boa produção, pois uma CE baixa pode implicar escassez de nutrientes (SAVVAS e GRUDA, 2018). Por outro lado, sob CE elevada, pode provocar estresse osmótico, resultando em maior gasto de energia pelas plantas para absorver água e nutrientes, causando diminuição na produtividade das culturas (CONVERSA et al., 2021).

Alguns pesquisadores relataram os impactos das soluções nutritivas salobras em cultivo hidropônico com substrato na produção de hortaliças, como Nunes et al. (2013), cultivando o pimentão em sistema hidropônico com substrato (fibra de coco) com diferentes níveis de soluções nutritivas salobras (1,2; 3,49; 5,69; 7,07 e $9,23 \text{ dS m}^{-1}$), concluíram que, os níveis de salinidade das soluções nutritivas acima de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ reduziram o crescimento e a produção de frutos. Oliveira et al. (2024), em pesquisa com a cultura couve-rábano em sistema hidropônico com substrato (fibra de coco) e diferentes concentrações de soluções nutritivas, observaram que o teor de vitamina C na couve-rábano aumenta com o estresse salino provocado por soluções nutritivas entre 2,3 e $2,9 \text{ dS m}^{-1}$. Também foi relatado o efeito da solução nutritiva em outras hortaliças-fruto, como berinjela (QUEIROZ et al. 2013).

Contudo, na literatura em geral, ainda são incipientes estudos com soluções nutritivas salobras no cultivo de tomate em sistema hidropônico com substrato, em especial, com a variedade tomate-cereja ‘Laranja’, em condições de semiárido do Nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas – ANA. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2021. 66p.
- Akram, N. A.; Shafiq, F.; Ashraf, M. Ascorbic acid-a potential oxidant scavenger and its role in plant development and abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, v.8, p.1-17, 2017.
- Alvarenga, M. A. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Ed. UFLA, v.11, 2004. 400p.
- Alves, R. C. de. Ácido ascórbico como regulador da resposta antioxidante em tomateiro sob estresse salino. 2019. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Área de concentração em Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista - Unesp, Jaboticabal, 2019.
- Andriolo, J. L.; Luz, G. L.; Giraldi, C.; Godoi, R. S.; Barros, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? *Horticultura Brasileira*, v.22, p.794-798, 2004.
- Athar, H.; Khan, A.; Ashraf, M. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, p.224-231, 2008.
- Barroso, A. D. A.; Gomes, G. E.; Lima, A. E. D. O.; Palácio, H. A. D. Q.; Lima, C. A. D. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 588-593, 2011.
- Billah, M.; Rohman, M. M.; Hossain, N.; Shalim Uddin, M. Exogenous ascorbic acid improved tolerance in maize (*Zea mays* L.) by increasing antioxidant activity under salinity stress. *African Journal of Agricultural Research*, v. 12, p. 1437–1446, 2017.
- Caetano, E. J. M.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. S. A. de; Arruda, T. F. L. de; Souza, A. R. de; Soares, L. A. A. dos; Gheyi, H. R.; Dias, M. S. dos. Application techniques and concentrations of ascorbic acid to reduce saline stress in passion fruit. *Plants*, v.13, p.27-18, 2024.
- Castañeda, W.; Toro, M.; Solorzano, A.; Zúñigadávila, D. Production and nutritional quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) are improved in the presence of biochar and inoculation with arbuscular mycorrhizae. *American Journal of Plant Sciences*, v.11, p.426-436, 2020.

- Chen X.; Jiang Y.; Cong Y.; Liu X.; Yang Q.; Xing J.; Liu H. Ascorbic acid mitigates salt stress in tomato seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathways. *Agronomy*, v.14, e1810, 2024.
- Conversa, G.; Bonasia, A.; Lazzizzera, C.; Elia, A. Soilless cultivation system, electrical conductivity of nutrient solution, and growing season on yield and quality of baby-leaf oak-leaf lettuce. *Agronomy*, v.11, e1220, 2021.
- Costa, D. P.; Silva, J. N.; Costa, S. P.; Nascimento, A. D. R. O tomate usado na indústria possui qualidade tecnológica para consumo in natura. *Revista Caatinga*, v.33, p.824-834, 2020.
- Costa, J. F. de O.; Assunção, I. P.; Lima, G. S. de A.; Muniz, M. de F. S.; Luz, E. D. M. N. First report of phytophthora nicotianae causing root rot of soursop in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, p. 1-6, 2005.
- Costa, L. A. M.; Costa, M. S. S. M.; Pereira, D. C.; Bernardi, F. H.; Maccari, S. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. *Revista Ceres*, v.60, p.675-682, 2013.
- Crizel, R. L.; Perin, E. C.; Siebeneichler, T. J.; Borowski, J. M.; Messias, R. S.; Rombaldi, C. V.; Galli, V. Absciscic acid and stress induced by salt: Effect on the phenylpropanoid, L-ascorbic acid and absciscic acid metabolism of strawberry fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.152, p.211–220, 2020.
- Dias, N. da S.; Blanco, F. F.; Souza, E. R. de; Ferreira, J. F. da S.; Sousa Neto, O. N. de; Queiroz, Í. S. R. de. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (ed.) *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Basicos e Aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2016, p.151-162.
- El-Bassiouny, H. M.; Sadak, M. S. Impact of foliar application of ascorbic acid and α -tocopherol on antioxidant activity and some biochemical aspects of flax cultivars under salinity stress. *Acta Biológica Colombiana*, v.20, p.209-222, 2015.
- Etesami, H; Glick, B. R. Halotolerant plant growth-promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.178, p.104-124, 2020.
- Food and Agriculture Organizations of the United Nations – FAO DATABASE. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso realizado em setembro de 2024.

- Fernandes, C.; Corá, J. E.; Braz, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.275-278, 2007.
- Figueira, F. A. R. Novo Manual de olericultura – A agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliça. Viçosa: Editora UFV, 3ª ed, 2008, 422p.
- Gomes, J. G. Características morfoagronômicas e fisiológicas do mini tomate produzido sob elevada temperatura. 2016. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Em Agronomia) Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza – CE, 2016.
- Gonçalves, D. C.; Fernandes, C. H. dos S.; Tejo, D. P.; Vidal, T. C. M. Cultivo do tomate cereja sob sistema hidropônico: Influência do turno de rega. *Uniciências*, v.22, p.20-23, 2018.
- Guedes, M. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Silva, L. de A.; Oliveira, V. K. N.; Brito, L. A.; Silva, A. A. R. da. H₂O₂ as attenuator of salt stress on the physiology and growth of hydroponic cherry tomato. *Revista Caatinga*, v.37, e12002, 2024.
- Guimarães, M. J.; Simões, W. L.; Tabosa, J. N.; Santos, J. E. dos.; Willadino, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish-farming under semiarid conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.461-465, 2016.
- Hameed, A.; Gulzar, S.; Aziz, I.; Hussain, T.; Gul, B.; Khan, M. A. Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte. *Plants*, v.7, plv004, 2015.
- Hassan, A.; Amjad, S. F.; Saleem, M. H.; Yasmin, H.; Imran, M.; Riaz, M.; Ali, Q.; Joyia, F. A.; Ahmed, S.; Ali, S.; Alsahli, A. A.; Alyemeni, M. N. Foliar application of ascorbic acid enhances salinity stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) through modulation of morpho-physiobiochemical attributes, ions uptake, osmo-protectants and stress response genes expression. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v.28, p.4276-4290, 2021.
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. (ed.) Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 1 ed., 2010. p.43-61.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>. Acesso em: setembro de 2024.

- Kamran, A.; Mushtaq, M.; Arif, M.; Rashid, S. Papel dos bioestimulantes (ácido ascórbico e ácido fúlvico) para sinergizar a atividade do *Rhizobium* na ervilha (*Pisum sativum* L. var. Meteor). *Plant Physiology and Biochemistry*, v.196, p.668–682, 2023.
- Kaur H; Gupta N. Ameliorative effect of proline and ascorbic acid on seed germination and vigour parameters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, v.7, p.3523-3532, 2018.
- Krupa-Malkiewicz, M.; Beata, B.S.; Ostojski, D.; Sędzik, M.; Pelc, J. Effect of ascorbic acid on morphological and biochemical parameters in tomato seedling exposure to salt stress. *Environmental Protection and Natural Resources*, v.26, p.21-25, 2015.
- Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Freitas, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. *Irriga*, v.22, p.757-774, 2017.
- Liu, H.; Meng, F.; Miao, H.; Chen, S.; Yin, T.; Hu, S.; Shao, Z.; Liu, Y.; Gao, L.; Zhu, C.; Zhang, B.; Wang, Q. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits. *Food Chemistry*, v.263, p.194-200, 2018.
- Luciano, L. H. C.; Medina, I. R.; Antônio, A. D. C.; Gonçalves, R. F.; Barbosa, C. A. C. Crescimento e produção de tomateiro em função das cultivares utilizadas em porta enxerto. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.27, p.7-11, 2019.
- Maas, E. V. Crop tolerance. *California Agriculture*, v. 36, p.20-21, 1984.
- Maciel, T. C. M.; Silva, T. I. da; Oliveira, F. D. A. de; Marco, C. A.; Ness, R. L. L. Substrato à base de pequi (*Caryocar coriaceum*) na produção de mudas de tomate e pimentão. *Journal of Neotropical Agriculture*, v.4, e916, 2017.
- Melo Filho, V. C.; Vieira, A. S.; Medeiros, A. C.; Moreira, A. R.; Maracaja, P. B. Análise da pegada hídrica no perímetro irrigado de São Gonçalo, localizado no sertão paraibano. *Revista Interdisciplinar e do Meio Ambiente*, v.1, p.14-24, 2019.
- Mesquita, S.; Silva, J.; Costa, R.; Santos, M.; Lacerda, C.; Amorim, A.; Bezerra, E. A. Gas exchange and growth of medicinal plant subjected to salinity and application of biofertilizers. *American Journal of Plant Sciences*, v.5, p.2520-2527, 2014.
- Miranda, F. R. de; Mesquita, A. L. M.; Maia, C. W. C. P.; Soares, J. V. de S.; Silva, J. G. da. Cultivo protegido de tomate cereja, em substrato, na região da Ibiapaba, Ceará. Fortaleza: Circular Técnica, 2023. 22 p.

- Mohammed, M.; Wilson, L. A.; Gomes, P. I. Influence of high temperature stress on postharvest quality of processing and non-processing tomato cultivars. *Journal of Food Quality*, v.19, p.41-55, 1996.
- Monteiro, S. S.; Silva, E. A.; Martins, L. P. Maturação fisiológica de tomate cereja. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v.8, p.05-09, 2018.
- Morais, M. A. S.; Jardim, A. M. R. F.; Oliveira, E. N.; Oliveira, F. R.; Matos, N. A.; Simões, A. N. O NaCl inibe a germinação e a atividade da amilase em duas espécies de feijão. *Revista Nordestina de Ciências Biológicas*, v.1, p.50-56, 2018.
- Mouroutoglou, C.; Kotsiras, A.; Ntatsi, G.; Savvas, D. Impact of the hydroponic cropping system on growth, yield, and nutrition of a Greek sweet onion (*Allium cepa* L.) landrace. *Horticulturae*, v.7, e432, 2021.
- Neta, H. M. de M. Cultivo de alface em sistemas hidropônicos e concentrações de solução nutritiva. 2021. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2021.
- Nunes, L. R. de L.; Pinheiro, P. R.; Silva, J. B. da; Dutra, A. S. Effects of ascorbic acid on the germination and vigor of cowpea seeds under water stress. *Revista Ciência Agronômica*, v.51, e20196629, 2020.
- Nunes, R. L. C.; Dias, N. S.; Moura, K. K. C. F.; Souza Neto, O. N.; Costa, J. M. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. *Revista Caatinga*, v.26, p.48-53, 2013.
- Oliveira, F. de A. de; Oliveira, M. K. T. de; Santos, S. T. dos; Medeiros, J. F. de; Góis, H. M. de M. N.; Cordeiro, C. J. X.; Alves, F. A. T.; Costa, M. J. V. Production and quality of purple kohlrabi under nutrient solutions of different electrical conductivities. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.28, e270704, 2024.
- Pacheco, A. B. Tomateiro cereja sob disponibilidades hídricas e doses de potássio com irrigação semiautomatizada em ambiente protegido. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2017.
- Paiva, F. I. G.; Oliveira, F. D. A. de; Medeiros, J. F. de; Targino, A. J. de O.; Santos, S. T. dos; Silva, R. C. P. da. Qualidade de tomate em função da salinidade da água de irrigação e relações K/Ca via fertirrigação. *Irriga*, v.23, p.180-193, 2018.

- Peixoto, J. V. M.; Moraes, E. R. de; Peixoto, J. L. M.; Nascimento, A. dos R.; Neves, J. G. Tomaticultura: Aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. *Revista Científica Rural*, v.19, p.96-117, 2017.
- Pinto, U. R. C. Características produtivas de tomate cereja em função da aplicação de fósforo via solo e fertirrigação em cultivo protegido. 2017
- Piotto, F. A.; Peres, L. E. P. Base genética do hábito de crescimento e florescimento em tomateiro e sua importância na agricultura. *Ciência Rural*, v.42, p.1941-1946, 2012.
- Porto, J. S.; Alves, E. de O.; Ferreira, D. M.; Públio, A. P. B.; Souza, J. R. de; Rebouças, T. N. H.; Amaral, C. L. F. Estresse salino sob a taxa de viabilidade polínica de cultivares de tomateiro. *Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega*, v.1, p.1621-1631, 2017.
- Preczenhak, A. P. Diversidade genética estimada por meio de marcadores moleculares e morfoagronômicos em acessos de mini-tomate. 2013. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de concentração em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, PR, 2013.
- Queiroz, I. S. R.; Leitão, A.R. F.; Ferreira, L. L.; Dias, N. S.; Cosme, C. R.; Mota, A. F. Tolerância da berinjela à salinidade cultivada em substrato de fibra de coco. *ACSA-Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.9, p.15-20, 2013.
- Quintanilha, K. T.; Tavares, É. B.; Corcioli, G. Mapeamento do fluxo dos tomates comercializados no CEASA-Goiás em 2017 e 2018. *Research, Society and Development*, v.8, e138101199, 2019.
- Renuka, D. M.; Sadashiva, A. T.; Kavita, B. T.; Vijendrakumar, R. C.; Hanumanthiah, M. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) quanto a características de crescimento, produtividade e qualidade. *Plant Archives*, v.14, p.151-154, 2014.
- Rocha, M. Q. Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2009.
- Roque, I. A.; Soares, L. A. dos A.; Lima, G. S. de; Lopes, I. A. P.; Silva, L. A.; Fernandes, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, v.35, p.686-696, 2022.
- Santos, A. N.; Silva, Ê. F. D. F.; Silva, G. F. da.; Barnabé, J.; Rolim, M. M.; Dantas, D. D. C. Rendimento do tomate cereja em função da salinidade da água e do turno de rega. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.107-112, 2016.

- Santos, D. C.; Ferreira, R. L. F.; Araújo Neto, S. E.; Queiroz, E. F.; Medeiros, R. S. Produção de mudas de tomateiro em substratos alternativos. *Enciclopédia Biosfera*, v.11, p.1530-1541, 2015.
- Santos, M. R.; Fernandes, W. S. F.; Souza, J. A. S.; Souza, V. A. P. Eficiência de sistema de irrigação por gotejamento utilizando água salobra. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, p. 73248-73262, 2021.
- Santos, W. M. dos; Souza, R. M. S.; Souza, E. S. de; Almeida, A. Q. de; Antonino, A. C. D. Variabilidade espacial da sazonalidade da chuva no semiárido brasileiro. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.2, p.368-376, 2017.
- Sausen, D. F.; Lopes, C.; Marques, S.; Souza, L.; Alves, A.; Patrocínio, E.; Cordeiro, E. K. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. *Brazilian Journal of Development*, v.6, p.14888-14903, 2020.
- Savvas, D.; Gruda, N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review. *European Journal of Horticultural Science*, v.83, p.280-293, 2018.
- Schafer, G.; Lerner, B. L. Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. *Ornamental Horticulture*, v.28, p.181-192, 2022.
- Sharma, R.; Bhardwaj, R.; Thukral, A. K.; Huqail, A. A. A.; Siddiqui, M. H.; Ahmad, P. Oxidative stress mitigation and initiation of antioxidant and osmoprotectant responses mediated by ascorbic acid in *Brassica juncea* L. subjected to copper (II) stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.182, e109436, 2019.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. S.; Gheyi, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursoy. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 1092-1101, 2020.
- Silva, A. A. R. da; Sousa, P. F. N.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Azevedo, C. A. V. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. *Water Air Soil Pollution*, v.233, p.1-11, 2022.
- Silva, A. C. da; Costa, C. A. da; Sampaio, R. A.; Martins, E. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. *Revista Caatinga, Mossoró*, v.24, p.33-40, 2011.
- Silva, J. R. I.; Jardim, A. L. R. F.; Barroso Neto, J.; Leite, M. L. M. V.; Teixeira, V.I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.11, p.127-139, 2018.

- Silva, S. F. da. Qualidade química da água para irrigação no município de Alegre-ES. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Planejamento e Manejo dos Recursos Hídricos) - Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.
- Sousa, J. Y. B. de; Velozo, A. L. S.; Pereira, J. R.; Santos, G. F.; Araújo, S. R. D.; Araújo, S. N. R. de. Detecção temporal de impactos em áreas conflitantes e uso dos recursos hídricos no semiárido da Paraíba. *Revista de Geociências do Nordeste*, v.6, p.2431, 2020.
- Souza, M. V. P. de; Rebouças, M. de O.; Sousa, G. G. de; Azevedo, B. M. de; Goes, G. F.; Magalhães, C. L. Estresse salino e uso de biofertilizante bovino na cultura do tomate. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.13, p. 3524-3532, 2019.
- Tola, E.; Al-Gaadi, K. A.; Madugundu, R.; Zeyada, A. M.; Edrris, M. K.; Edrees, H. F.; Mahjoop, O. Yield response of grafted and self-rooted tomato plants grown hydroponically under varying levels of water salinity. *Agronomy*, v.14, e1240, 2024.
- Viol, M. A.; Carvalho, J. A.; Lima, E. M. de C.; Rezende, F. C.; Gomes, L. A. A. Efeito da salinidade no crescimento e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, p.2120 - 2131, 2017.
- Walter, J.; Lück, E.; Bauriegel, A.; Facklam, M.; Zeitz, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: A geophysical approach, v.310, p.1-11, 2018.
- Zhou, X.; Gu, Z.; Xu, H.; Chen, L.; Tao, G.; Yu, Y.; Li, K. The effects of exogenous ascorbic acid on the mechanism of physiological and biochemical responses to nitrate uptake in two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) Under aluminum stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.35, p.1013-1024, 2016.

1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de abril a julho de 2024, em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba, situada pelas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550 m. O clima dessa região é do tipo As, que representa clima tropical chuvoso com verão seco, conforme a classificação climática de Köppen e Thornthwaite, adaptada para o Estado da Paraíba (FRANCISCO et al., 2015). A casa de vegetação possuía dimensões de 32 m de comprimento por 20 m de largura, totalizando uma área de 640 m². A estrutura em formato de arco, com cobertura feita de plástico transparente (polietileno) de baixa densidade, com espessura de 150 µm, e as laterais revestidas com tela de sombreamento com 80%. As temperaturas (máxima e mínima) e a umidade relativa do ar média foram registradas diariamente com o uso de um termo-higrômetro digital instalado dentro da casa de vegetação (Figura 1).

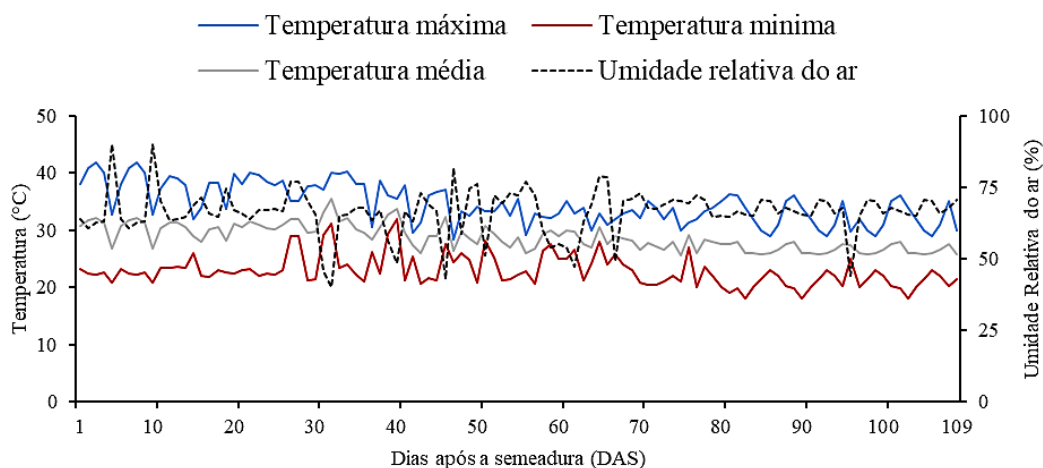


Figura 1. Temperatura (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar média da área interna da casa de vegetação durante o período experimental (12 de abril a 29 de julho de 2024).

2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (2,1-Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco

concentrações de ácido ascórbico - AsA (0; 150; 300; 400 e 600 mg L⁻¹), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 × 5, com quatro repetições e uma plantas por parcela (Figura 2). Os níveis da solução nutritiva foram adaptados a partir do estudo realizado por Guedes et al. (2024), em pesquisa com o tomate-cereja em sistema hidropônico, já as concentrações de ácido ascórbico adaptadas com base em pesquisa desenvolvida por Gaafar et al. (2020).



Figura 2. Disposição dos vasos na casa de vegetação.

3. Cultivar estudada

Para a presente pesquisa foram escolhidas as sementes de tomate-cereja ‘Laranja’ da Topseed Garden[®]. Essa cultivar possui ciclo em torno de 90 dias, plantas de crescimento determinado e altamente produtiva. Os frutos apresentam excelente qualidade pós-colheita, com comprimento e diâmetro variando entre 20 e 25 mm, além de ser resistente à murcha do *fusarium* e nematoides (AGRISTAR, 2023).

4. Instalação e condução do experimento

As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico com substrato instalado em vasos com capacidade de 10 L. A base do vaso foi perfurada para conectar um dreno de 10 mm de diâmetro, colocado um arame com 15 cm de comprimento no dreno para fixá-lo no vaso. Uma garrafa plástica com capacidade de 2 L, foi usada para coleta da solução nutritiva, visando a recirculação, o monitoramento da CE e pH das soluções nutritivas drenadas e também estimar o consumo hídrico das plantas (Tabela 1). Na parte interna dos vasos, sobre as saídas dos drenos foi colocada uma manta geotêxtil não tecida

(Bidim). Em seguida, os vasos foram preenchidos com 13 kg de areia lavada, nº 0, em um espaçamento $0,6 \times 1,0$ m entre plantas e fileiras, respectivamente.

Tabela 4. Consumo hídrico de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn).

CEsn (dS m ⁻¹)	Consumo hídrico (L por planta)
2,1	134,60
2,8	128,70
3,5	71,60
4,2	64,81
4,9	61,86

O semeio ocorreu diretamente nos vasos, com 3 sementes distribuídas de forma equidistante, com espaçamento de 5 cm e profundidade média de 2 cm. Aos 33 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste, momento em que apresentaram um par de folhas verdadeiras, permanecendo no vaso apenas a de maior vigor. As plantas foram conduzidas por tutoramento vertical, de modo a conduzir a haste principal (Figura 3).



Figura 3. Disposição de plantas após o tutoramento, aos 33 dias após a semeadura – DAS.

4.1. Preparo das soluções nutritivas

Antes das aplicações das soluções nutritivas, foi fornecida água do abastecimento local (CEa $0,4 \text{ dS m}^{-1}$) para germinação das sementes e emergência das plântulas, sendo cessada aos 13 DAS. O preparo da solução nutritiva seguiu conforme recomendação de Hoagland e Arnon (1950), contendo N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe nas concentrações de 210, 31, 234, 200, 48, 64, 0,5, 0,5, 0,05, 0,02, 0,01 e 5 mg L^{-1} , respectivamente, a partir da diluição da solução estoque, que continha os macros e micronutrientes na água de abastecimento local, resultando em uma condutividade

elétrica da solução nutritiva de 2,1 dS m⁻¹. Inicialmente, na fase de formação de mudas, foi fornecida a solução nutritiva de ‘meia força’ (50% da recomendação), com início aos 14 dias após a semeadura (DAS), a partir dos 23 DAS foi fornecida a solução nutritiva completa (100% da recomendação). As quantidades e fontes estão dispostas na Tabela 2. O pH da solução nutritiva manteve-se entre 5,5 e 6,5, pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl).

Tabela 2. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950)*.

Nutrientes	Fontes	Unidade	Quantidade – 1 L	Solução estoque (100%) – mL L ⁻¹
Macronutrientes				
K/P	(KH ₂ PO ₄)	g	136,09	1
K/N	(KNO ₃)	g	101,10	1
Ca/N	(Ca (NO ₃) ₂ 4H ₂ O)	g	236,15	5
Mg	(MgSO ₄ 7H ₂ O)	g	246,49	2
Micronutrientes				
B	(H ₃ BO ₃)	g	3,10	1
Mn	(MnSO ₄ H ₂ O)	g	1,70	1
Zn	(ZnSO ₄ 7H ₂ O)	g	0,22	1
Cu	(CuSO ₄ 5H ₂ O)	g	0,75	1
Mo	(NH ₄ Mo ₇ O ₂₄ H ₂ O)	g	1,25	1
Fe	(FeSO ₄)	g	13,9	1
-	EDTA - Na	g	13,9	

*Solução contém seguinte composição em mg L⁻¹: N - 210; P - 31; K - 234; Ca - 200; Mg - 48; S - 64; B - 0,5; Mn - 0,5; Zn - 0,05; Cu - 0,02; Mo - 0,01; e Fe - 5.

4.1.1. Preparo e manejo das soluções nutritivas salobras

As soluções nutritivas salobras foram preparadas mediante adição de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O) na solução nutritiva, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1 entre Na, Ca e Mg respectivamente, que representa a composição média das águas do semiárido do Nordeste brasileiro (SILVA JÚNIOR et al., 1999). Os distintos níveis de CEsn, foram obtidos considerando a relação entre CEsn e a concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Eq. 1.

$$C(\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})=10 \times \text{CEsn} \quad (1)$$

Em que:

C = Concentração total de sais a ser aplicado ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$); e,

CEsn = Condutividade elétrica da solução nutritiva descontado CEsn testemunha (dS m^{-1}).

A recirculação da solução nutritiva foi feita duas vezes ao dia, manhã (9h) e tarde (15h). Antes de cada evento de recirculação, foi coletada a solução nutritiva drenada e anotado o volume drenado, para estimar o consumo hídrico das plantas. Quando a solução drenada se esgotava, uma nova solução nutritiva era utilizada. Após a preparação, as diferentes concentrações de soluções nutritivas salobras, foram armazenadas em recipientes com capacidade para 200 L, a irrigação só teve início 72h após a aplicação do ácido ascórbico (31 DAS).

4.2. Preparo e aplicação do ácido ascórbico

As concentrações do ácido ascórbico foram obtidas pela dissolução de quantidade adequada, conforme tratamento em água destilada, cujo preparo foi feito no dia de cada aplicação, por ser um elemento altamente volátil (Figura 4A). As aplicações foliares com o ácido ascórbico tiveram início 72 h antes das aplicações de soluções nutritivas salobras (28 DAS), apenas posteriormente, passaram a ser a cada 10 dias até o início da fase de frutificação, totalizando três aplicações, com o auxílio de pulverizador manual, pulverizando as duas faces das folhas, de modo a se obter o molhamento completo (Figura 4B). As soluções de pulverização receberam um surfactante (Tween 20 a 0,025%), para quebrar a tensão superficial da água e favorecer a absorção do ácido ascórbico pelas folhas. No momento das aplicações de AsA, as plantas permaneceram isoladas com estrutura plástica para evitar a deriva das soluções para as plantas de outros tratamentos vizinhos. Durante a condução do experimento foi usado um volume médio de 108 mL da solução por planta.

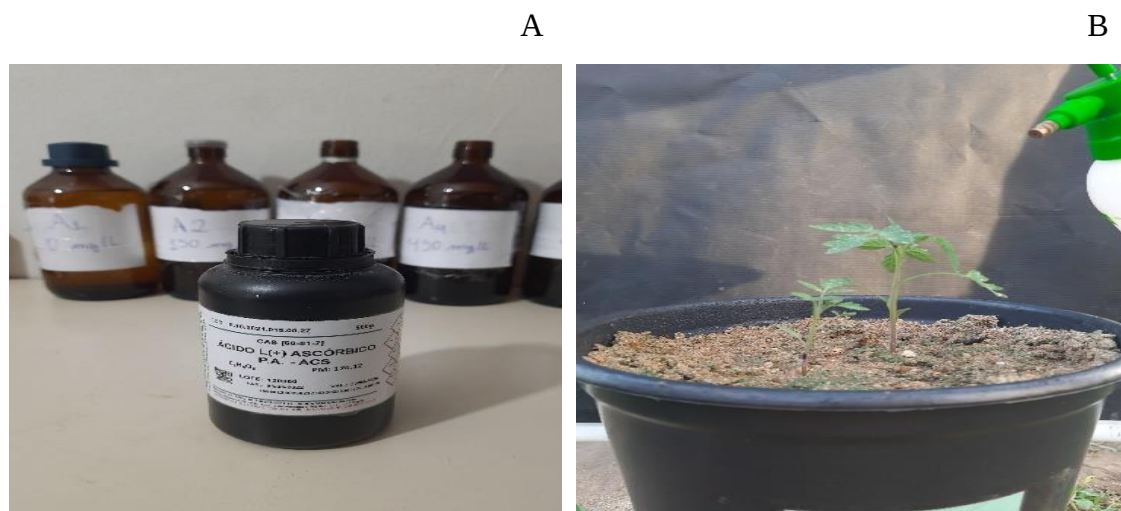


Figura 4. Recipientes contendo ácido ascórbico (A) e demonstração da aplicação do ácido utilizando o pulverizador e isolamento com estrutura plástica (B).

4.3. Manejo fitossanitário

O manejo fitossanitário com o uso de defensivos químicos ocorreu durante a condução do experimento, também com aplicações de inseticidas para o controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B) e larva-minadora (*Liriomyza* spp.), rotacionando os princípios ativos como Deltametrina, Tiametoxam e Imidacloprido. De modo preventivo, aplicação de fungicida, como Tiofanato-metilico.

5. Variáveis analisadas

5.1. Índices fisiológicos

5.1.1. Trocas gasosas

Aos 60 DAS as trocas gasosas passaram por avaliação, com auxílio de medidor portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda (Figura 5), com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} e em nível de CO_2 do ambiente, por meio da curva de saturação de luz fotossintética, avaliadas nas folhas do terço médio para obter taxa de assimilação de CO_2 – A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$); transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); condutância estomática – g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 – C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A partir dos dados encontrados, foi possível quantificar a eficiência instantânea no uso da água – $E_i\text{UA}$ (A/E) [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação – $E_i\text{Ci}$ (A/C_i) [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$].



Figura 5. Equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda utilizado nas leituras das variáveis de trocas gasosas em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’.

5.1.2. Fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência da clorofila *a*, foi determinada por meio de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science, pelo protocolo Fv/Fm, para determinação da fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m). As leituras ocorreram após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando um clipe do equipamento (Figura 6), para garantir que todos os aceptores primários estivessem totalmente oxidados, ou seja, os centros de reação estivessem abertos.



Figura 6. Utilização de clipe para leitura da fluorescência da clorofila *a* em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’.

5.1.3. Pigmentos fotossintéticos

Os teores de pigmentos fotossintéticos (Clorofila *a*, *b*, total e carotenoides) foram identificados por meio de discos foliares com área de 1,54 cm² de folhas do terço médio da planta, conforme metodologia adaptada de Arnon (1949). Os extratos serviram para encontrar os teores de clorofilas *a*, *b*, total e carotenoides, sendo preparados com 5 mL de sulfóxido de dimetil (Figura 7A) e acondicionados em temperatura ambiente, após 48h, com auxílio de um espectrofotômetro (Figura 7B) foram feitas as leituras dos pigmentos fotossintéticos nos comprimentos de onda de absorvância de 470, 647 e 663 nm, respectivamente, conforme as Eqs. 2, 3, 4 e 5. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides nas folhas foram expressos em µg mL⁻¹.

$$Cl\ a = (12,25 \times ABS\ 663) - (2,79 \times ABS\ 647) \quad (2)$$

$$Cl\ b = (21,5 \times ABS\ 647) - (5,10 \times ABS\ 663) \quad (3)$$

$$Cl\ t = (7,15 \times ABS\ 663) + (18,71 \times ABS\ 647) \quad (4)$$

$$Car = (1000 \times ABS\ 470 - 1,82 \times Cl\ a - 85,02 \times Cl\ b) / 198 \quad (5)$$

Em que:

Cl *a* – Clorofila *a*;

Cl *b* – Clorofila *b*;

Cl *t* – Clorofila total;

Car – Carotenoides.

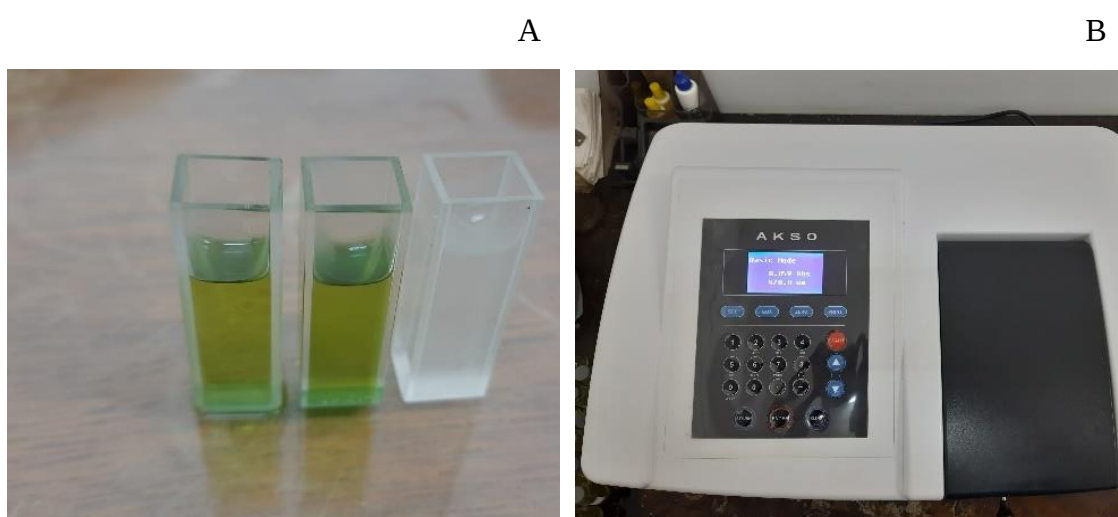


Figura 7. Amostras com extração dos pigmentos (A) que foram utilizadas para leitura em espectrofotômetro (B).

5.1.4. Conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos

O conteúdo relativo de água – CRA seguiu de acordo com a metodologia de Weatherley (1950). Para a obtenção da massa fresca (MF) foram coletados cinco discos de 1,54 cm² de folhas do terço médio da planta e, imediatamente pesados em balança com precisão de 0,001g (Figura 8A). Em seguida, imersos com 50 mL de água destilada (Figura 8B) em béqueres por 24 horas em temperatura ambiente. Após esse período, todo o excesso de água foi retirado dos discos com papel toalha e passaram por pesagem para obter a massa túrgida (MT) das amostras, logo após, elas ficaram acondicionadas a uma temperatura de $\approx 65 \pm 3$ °C até atingir massa constante, para obtenção da massa seca (MS), com a Eq. 6.

$$CRA = \frac{(MF-MS)}{(MT-MS)} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

CRA – Conteúdo relativo de água (%);

MF – Massa fresca do disco foliar (g);

MT – Massa túrgida do disco foliar (g);

MS – Massa seca do disco foliar (g).

A

B



Figura 8. Discos pesados em balança digital (A). Discos foliares imersos em água destilada (B).

O extravasamento de eletrólitos – EE foi feito com um perfurador de cobre para obter cinco discos foliares com área de 1,54 cm², que passaram por lavagem e

acondicionados em béqueres contendo 50 mL de água destilada e cobertos com papel alumínio. Os béqueres foram mantidos à temperatura de 25°C, por 24 horas, para saber a condutividade elétrica inicial – Ci (Figura 9A). Posteriormente, as amostras foram conduzidos à estufa, com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 80°C por 90 minutos (Figura 9B). Após o período, foram retiradas e acomodadas em uma bancada até alcançarem a temperatura ambiente e novamente medir a condutividade elétrica final – Cf (Figura 9C). Assim, o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar seguiu de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), conforme Eq. 7:

$$EE = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (7)$$

Em que:

EE – Extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (%);

Ci – Condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹);

Cf – Condutividade elétrica final (dS m⁻¹).

A



B





C

Figura 9. Amostras foliares para determinação da condutividade elétrica inicial (A); amostras em estufa (B); e demonstração de leitura da condutividade elétrica final utilizando um condutivímetro de bancada (C).

5.2. Crescimento

Aos 47 DAS (Figura 10A) avaliou-se a área foliar – AF. Aos 60 DAS mensurados altura de plantas – AP (Figura 10B), número de folhas – NF e diâmetro caulinar – DC (Figura 10C). O número de folhas – NF foi determinado por meio de contagem direta, tomando como parâmetro aquelas com o comprimento superior a 3 cm, altura de plantas (cm) medida com auxílio de uma fita milimétrica a partir do nível do substrato (colo da planta) até a inserção do meristema apical, o diâmetro do caule (mm) medido a 2 cm do colo da planta, utilizando-se de paquímetro digital e a área foliar (cm²) a partir da metodologia de Reis et al. (2013), aplicando a Eq. 8:

$$AF = C \times L \times f \quad (8)$$

Em que:

AF = Área foliar da planta (m²);

C = Comprimento da nervura principal (m);

L = Largura máxima da folha (m);

f = Fator de forma (0,59).

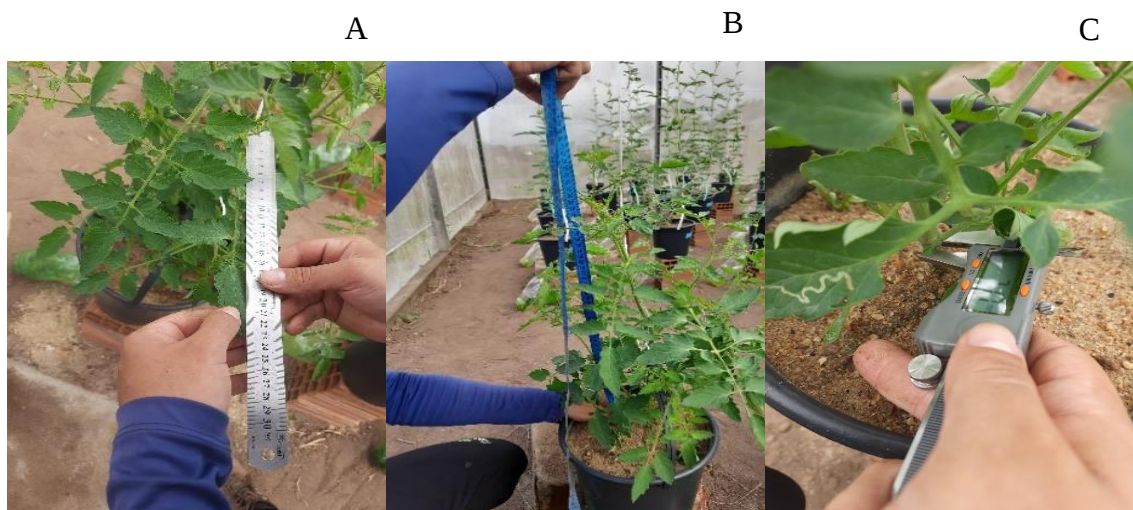


Figura 10. Avaliação de crescimento em área foliar (A), altura de planta (B) e diâmetro caulinar (C).

Aos 108 DAS, as folhas e o caule foram coletados para verificar o acúmulo de fitomassas. As partes distintas da planta (folhas e caule) foram cortadas e acondicionadas em sacos de papel kraft e levadas à estufa a 65 °C, permanecendo durante 72h (Figura 11), para depois o material ser pesado em balança semi-analítica e digital, obtendo-se o acúmulo de fitomassas.



Figura 11. Amostras de folha e caule acondicionadas em estufa de ventilação forçada.

5.3. Produção

A colheita teve início quando os frutos apresentavam a coloração laranja (Figura 12A), entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura, característica de frutos maduros da cultivar. Com relação a produção, determinou-se o número de frutos por planta pela contagem direta, a produção total por planta com auxílio de balança digital (Figura 12B) e os resultados expressos em g por planta, o peso médio de frutos obtido

pela razão entre a produção total e o número de frutos, os resultados expressos em g e o número de cachos contabilizado mediante contagem direta.

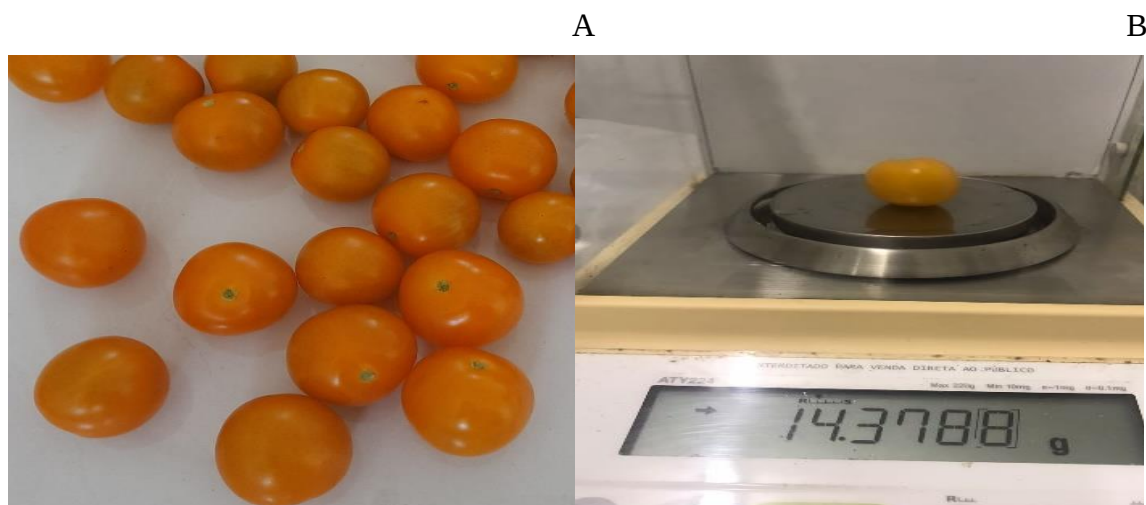


Figura 12. Frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ após a colheita (A) e no momento de pesagem em balança digital (B).

5.4. Qualidade pós-colheita

5.4.1. Caracterização física

A caracterização física dos frutos ocorreu a partir da obtenção dos diâmetros polar e equatorial e da firmeza, no total foram avaliados 20 frutos por tratamento para definir os diâmetros (polar e equatorial), com um paquímetro digital, sendo os resultados expressos em mm (Figura 13A e 13B) e a firmeza dos frutos gerada com o auxílio de um penetrômetro (Multicort) com intervalo de 0,4 a 30 kgf cm⁻² (Figura 13C), perfurando-se 5 frutos por tratamento.

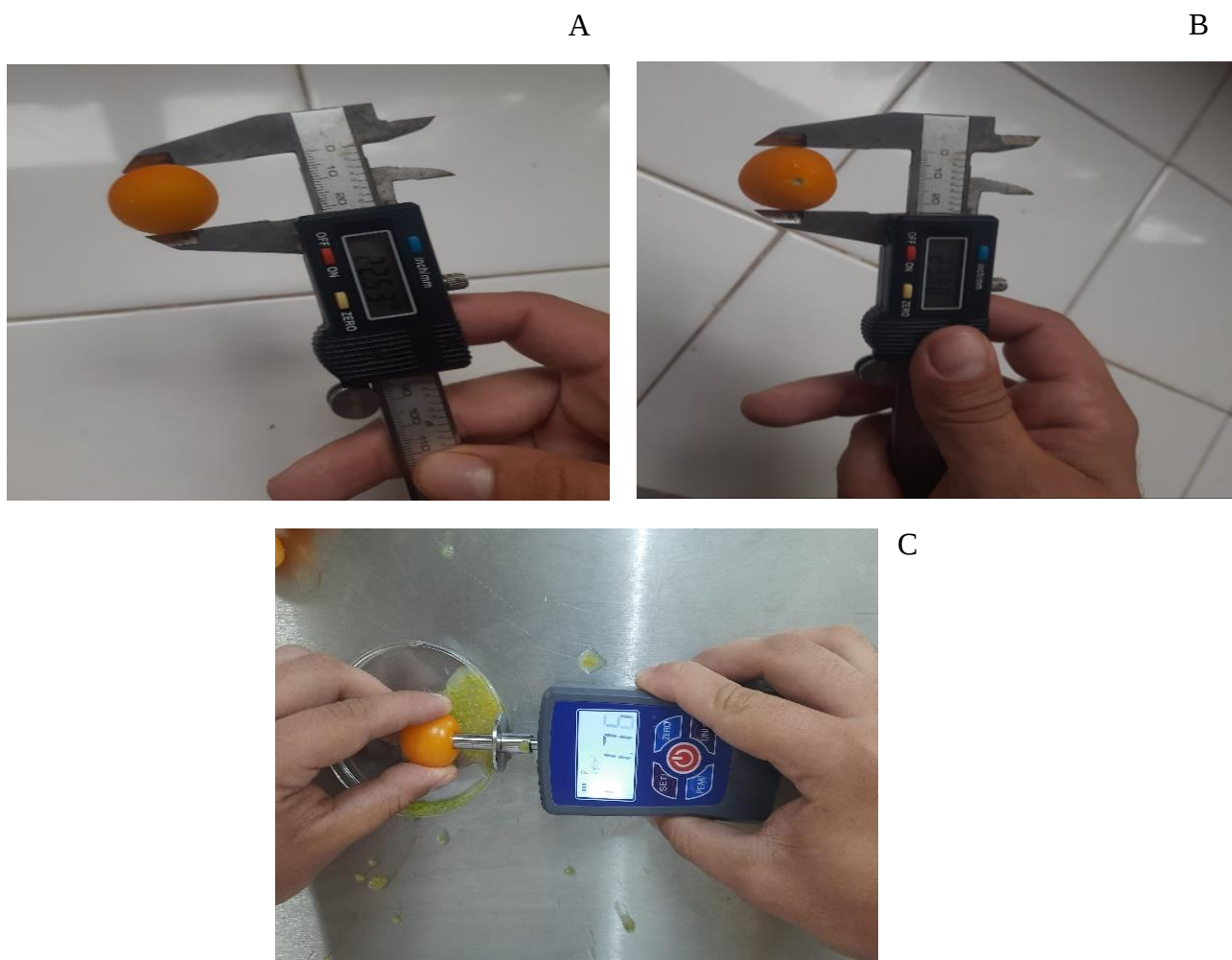


Figura 13. Frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ para determinação de diâmetro polar (A) e equatorial (B) e utilização de penetrômetro para avaliação da firmeza (C).

5.4.2. Aspectos físico-químicos

5.4.2.1. Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais foram definidos a partir de uma amostra de 100 g de polpa de frutos triturados, em seguida extraídas duas gotas e com o auxílio de um refratômetro manual modelo ATC foi possível estabelecer o °Brix.

5.4.2.2. Acidez total titulável e índice de maturação

Para a quantificação da porcentagem de acidez total titulável foi empregada a Eq. 9, conforme descrito no IAL (2008). Para o processo, foram pesados 3 g da amostra em um Erlenmeyer de 125 mL, com adição de 50 mL de água destilada e duas gotas do indicador fenolftaleína. O titulante utilizado foi o hidróxido de sódio a 0,1 M. O índice

de maturação foi obtido pela razão entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

$$\text{Acidez total titulável} \left(\frac{\text{g}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{(V \times f \times N \times 64,04)}{(10 \times P)} \quad (9)$$

Em que:

V - Volume da solução de NaOH (0,1 M) utilizado na titulação (mL);

F - Fator de correção da solução titulante;

N - Normalidade da solução de NaOH (0,1 M);

64,04 - Fator do ácido cítrico; e,

P - Massa de amostra utilizada (g).

5.4.2.3. Potencial hidrogeniônico

Para estabelecer o pH foi realizada pesagem de 3 g da amostra em um béquer de 100 mL com adição de 50 mL de água destilada, com auxílio de um bastão de vidro, a mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 15 minutos. Em seguida, feita a leitura com a inserção do eletrodo na amostra diluída, registrando o valor após a estabilização do pHmetro (IAL, 2008).

5.4.2.4. Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi obtido utilizando 1 g da amostra em um Erlenmeyer de 250 mL, seguido pela adição de 50 mL da solução de ácido oxálico a 0,5%, a mistura foi homogeneizada com o agitador Vortex® (Warmnest). A titulação foi conduzida com a solução de 2,6-diclorofenolindofenol (DFI) até a observação persistente de uma coloração rosada. Para a quantificação do ácido ascórbico na amostra, foi utilizada a Eq. 10 (STROHECKER e HENNING, 1967; BENASSI e ANTUNES, 1998).

$$\text{Ácido ascórbico} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{(V \times F \times 100)}{P_a} \quad (10)$$

Em que:

V - Volume de DFI utilizado na titulação, (mL);

F - Fator da solução DFI; e,

Pa - Massa da amostra (g).

5.4.2.5. Açúcares redutores

Para obtenção de açúcares redutores, foi empregado o método do ácido dinitrosalicílico (DNS). Inicialmente, pesou-se uma amostra de 1 g para ser macerada com água destilada com um almofariz e pistilo. Em seguida, a mistura foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL e completada com água destilada, repousando por 30 minutos, para então os extratos serem filtrados com papel filtro. Em tubos de vidro rosqueáveis (Figura 14), foi adicionada uma alíquota de 500 μ L (com base em pré-testes) e 500 μ L de DNS. Os tubos foram agitados e levados para banho-maria a 100 °C por 15 minutos. Após o processo, os tubos foram resfriados e receberam adição de 4 mL de água destilada, completando o volume total para 5 mL. A leitura foi feita em um espectrofotômetro (SP 2000 UV) a um comprimento de onda de 540 nm (VASCONCELOS, et al., 2013).



Figura 14. Amostras em tubos de vidro rosqueáveis.

5.4.2.6. Flavonoides, antocianinas e compostos fenólicos

A análise dos flavonoides e as antocianinas seguiu a metodologia de Francis (1982), com pesagem de aproximadamente 1 g da amostra e em seguida adição de 10 mL de solução extratora etanol 95%/HCl 1,5 N na proporção de 85:15. As amostras foram homogeneizadas e maceradas por 1 min e transferidas para um tubo envolto em papel alumínio (Figura 15A), ficando em repouso por 24 horas. A absorbância da solução final produzida foi obtida em espectrofotômetro a 374 nm e 535nm (Figura 15B e 15C).

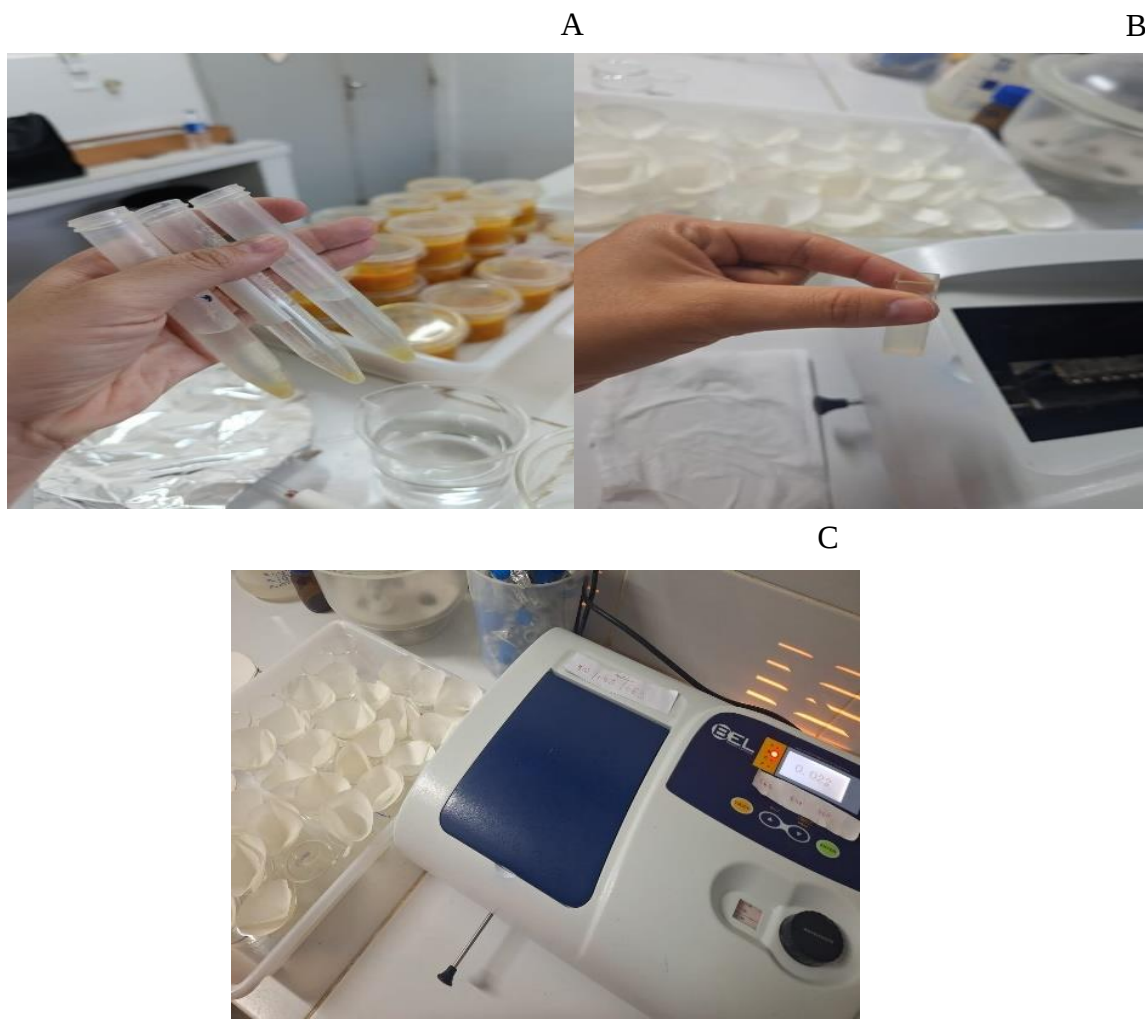


Figura 15. Preparo de amostras em tubos (A); amostra pronta (B); leitura em espectrofotômetro (C).

Os compostos fenólicos foram obtidos por meio de extratos preparados usando 1 g da amostra, macerada com água destilada e auxílio de almofariz e pistilo, e transferida para um balão volumétrico de 50 mL, que foi completado com água destilada. Em seguida, a mistura foi deixada em repouso por 30 minutos e os extratos foram filtrados com papel filtro. Em cada tubo foi adicionado 900 μL da amostra, 1.225 μL de água destilada e 125 μL de Folin Ciocalteu[®]. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 5 minutos, depois receberam adição de 250 μL de carbonato de sódio a 20%, seguida de nova agitação. Os tubos foram colocados em banho-maria (SL 150/10) a 40 °C por 30 minutos. Após o resfriamento, a leitura foi realizada em um espectrofotômetro (SP 2000 UV) (Figura 16) a um comprimento de onda de 765 nm (WATERHOUSE, 2006).



Figura 16. Leitura de amostras em espectrofotômetro.

6. Análise estatística

Os dados obtidos passaram pelo teste de normalidade (Shapiro Wilk) e pela análise de variância pelo teste ‘F’ em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Também se realizou análise de regressão polinomial para os níveis de soluções nutritivas salobras e concentrações de ácido ascórbico, com o software estatístico SISVAR – ESAL versão 5.7 (FERREIRA, 2019). O software SigmaPlot® foi usado para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores (CESn $\times$ AsA).

Referências bibliográficas

- Agristar - Instituto de Ação Social. <https://agristar.com.br/topseed-garden/blue-line-hortalicas/tomate-cereja-laranja/1888147>. Acesso em: 09 Out. 2024.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, v.24, p.1-15, 1949.
- Benassi, M. T.; Antunes, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.31, p.507-513, 1988.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, v.37, p.529-535, 2019.
- Francis, F. J. Analysis of anthocyanins. In: Markakis, P. (ed.) Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, p. 182-205, 1982.

- Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M.; Santos, D.; Matos, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, p.1006-1016, 2015.
- Gaafar, A. A.; Ali, S. I.; El-Shawadfy, M. A.; Salama, Z. A.; Şekara, A.; Ulrichs, C.; Abdelhamid, M. T. Ascorbic acid induces the increase of secondary metabolites, antioxidant activity, growth, and productivity of the common bean under water stress conditions. *Plants*, v.9, p.1-24, 2020.
- Guedes, M. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Silva, L. de A.; Oliveira, V. K. N.; Brito, L. A.; Silva, A. A. R. da. H₂O₂ as attenuator of salt stress on the physiology and growth of hydroponic cherry tomato. *Revista Caatinga*, v.37, e12002, 2024.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural of Experimental Station Bull*, v.347, p.1-32, 1950.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4.ed, São Paulo: IAL, 2008. 104p.
- Reis, L. S.; Azevedo, C. A. V. de; Albuquerque, A. W.; Junior, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.386–391, 2013.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture USDA Handbook 60. p.160, 1954.
- Scotti-Campos, P.; Pham-thi, A. T.; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, p.1002-1013, 2013.
- Silva Júnior, G. L. A.; Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, p.11-17, 1999.
- Strohecker, R. R.; Henning, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Editora Paz Montalvo, Madrid, 1967. 428p.
- Vasconcelos, N. M.; Pinto, G. A. S.; Aragão, F. A. S. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-Dinitrosalicílico: Histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. 2013. 29p.

Waterhouse, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.11, p.3-5, 2006.

Weatherley, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *The New Phytologist*, v.49, p.81-97, 1950.

CAPÍTULO III - MORFOFISIOLOGIA DO TOMATE-CEREJA ‘LARANJA’ CULTIVADO COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO

RESUMO

Em regiões semiáridas, a produção agrícola enfrenta grandes desafios devido à escassez de água para irrigação, sendo frequente o uso de água salobra. No entanto, é uma prática que pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, torna-se crucial a adoção de estratégias que minimizem os efeitos do estresse salino nas culturas, com destaque para a aplicação foliar de ácido ascórbico. Ante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico nos índices fisiológicos, crescimento e a produção do tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado em sistema hidropônico com substrato utilizando-se soluções nutritivas salobras. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de casa-de-vegetação, em Campina Grande, Paraíba, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5×5 , correspondendo a cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs_n (2,1 – Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações do ácido ascórbico – AsA (0; 150; 300; 450 e 600 mg L⁻¹) com quatro repetições e uma plantas por parcela. De acordo com os resultados, os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ afetaram negativamente os índices fisiológicos e o crescimento tomateiro-cereja ‘Laranja’. Contudo, a aplicação foliar de ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ associada à solução nutritiva salobra de 2,1 dS m⁻¹ aumentou a condutância estomática, a transpiração, a taxa de assimilação de CO₂, a fluorescência variável, a área foliar, a altura de plantas e o número de folhas do tomateiro-cereja ‘Laranja’. AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ aumentou a eficiência instantânea no uso da água, a eficiência instantânea da carboxilação, a fluorescência máxima e a síntese de clorofilas *a* e *b* das plantas de tomateiro-cereja.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; composto não-enzimático; cultivo sem solo; estresse salino.

MORPHOPHYSIOLOGY OF 'ORANGE' CHERRY TOMATO GROWN WITH BRAZILIAN NUTRITIONAL SOLUTIONS IN A HYDROPONIC SYSTEM WITH SUBSTRATE AND FOLIAR APPLICATION OF ASCORBIC ACID

ABSTRACT

In semiarid regions, agricultural production faces major challenges due to the scarcity of water for irrigation, and brackish water is frequently used. However, this practice can harm plant growth and development. Therefore, it is crucial to adopt strategies that minimize the effects of saline stress on crops, with emphasis on the foliar application of ascorbic acid. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the effects of foliar application of ascorbic acid on the physiological indices, growth and production of 'Laranja' cherry tomatoes grown in a hydroponic system with substrate using brackish nutrient solutions. The research was conducted under greenhouse conditions, in Campina Grande, Paraíba, using a randomized block design in a 5×5 factorial scheme, corresponding to five levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC_{sn} (2.1 - Control; 2.8; 3.5; 4.2 and 4.9 dS m⁻¹) and five concentrations of ascorbic acid - AsA (0; 150; 300; 450 and 600 mg L⁻¹) with four replicates and one plant per plot. According to the results, the electrical conductivity levels of the nutrient solution from 2.1 dS m⁻¹ negatively affected the physiological indices and the growth of cherry tomato 'Laranja'. However, foliar application of ascorbic acid at a concentration of 600 mg L⁻¹ associated with a brackish nutrient solution of 2.1 dS m⁻¹ increased stomatal conductance, transpiration, CO₂ assimilation rate, variable fluorescence, leaf area, plant height and leaf number of 'Laranja' cherry tomato plants. AsA at a concentration of 600 mg L⁻¹ increased the instantaneous water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency, maximum fluorescence and chlorophyll *a* and *b* synthesis of cherry tomato plants.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; non-enzymatic compound; soilless cultivation; saline stress.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma espécie cosmopolita e a segunda olerícola mais difundida e cultivada no mundo, seu cultivo abrange os cinco continentes com sua produção voltada para diversos mercados e consumidores (COSTA et al., 2018). Dentre as variedades mais cultivadas, destaca-se o tomate-cereja ‘Laranja’, com frutos de menor tamanho e sabor mais adocicado, possuindo boa aceitação no mercado, tornando-a uma variedade promissora (GONÇALVES et al., 2018).

Essa olerícola é de grande importância econômica e social no Brasil, sendo cultivada em diversas regiões do país (FRANCA et al., 2017). A produção nacional de tomate, no ano de 2023, totalizou 4.166.017 toneladas, no entanto, a região Nordeste contribuiu com apenas 704.424 toneladas, que em termos percentuais equivale a 16,9% do total (IBGE, 2024). No semiárido do Nordeste brasileiro, a qualidade e quantidade das fontes hídricas usadas na irrigação pode limitar a produção das culturas, principalmente, no cultivo de hortaliças. As chuvas na região são mal distribuídas tanto no espaço quanto no tempo e juntamente com as temperaturas elevadas promovem uma redução gradual da disponibilidade hídrica (PINHEIRO et al., 2022).

Diante desse cenário, as águas subterrâneas acabam sendo as mais empregadas na irrigação dos cultivos por serem mais abundantes. Todavia, é comum elas apresentarem níveis elevados de sais, em função do território nordestino ser constituído por mais de 80% de rochas cristalinas (GUIMARÃES et al., 2016). O que acaba por ser um fator ruim, pois plantas cultivadas sob irrigação com águas salobras têm seu crescimento limitado, em função dos efeitos osmóticos e iônicos causados pelos altos teores de sais dissolvidos (LIMA et al., 2018).

O excesso de sais na zona radicular induz o fechamento estomático e restrição na absorção de água e nutrientes, refletindo em inibição no crescimento e na expansão de folhas, que posteriormente, com o acúmulo de íons tóxicos como Na^+ e Cl^- no tecido vegetal avança para o efeito iônico, prejudicando a fotossíntese, a síntese de pigmentos fotossintéticos e compostos orgânicos (SILVA et al., 2018). O estresse salino ocasiona indiretamente, o estresse oxidativo nas plantas, com a superprodução de espécies reativas de oxigênio (EROs), que se acumulam e podem implicar na degradação da clorofila e na peroxidação lipídica, afetando assim, a fluidez e permeabilidade da membrana devido às alterações na composição dos lipídeos (ALVES, 2019).

Então, o cultivo sem solo na produção de hortaliças aparece como uma estratégia sustentável, pois permite o controle dos fatores de produção, sobretudo, do manejo de água e nutrientes, além de possibilitar o uso de águas salobras permitindo a produção em casa de vegetação durante todo o ano. Dentre as técnicas de cultivo sem solo, destaca-se o sistema hidropônico com substrato, que oferece uma significativa economia de energia elétrica e um equilíbrio eficiente entre a aeração e a disponibilidade de água para as plantas (SCHAFFER e LERNER, 2022).

Levando em consideração os problemas causados pela salinidade para as plantas e o solo, é necessário buscar alternativas capazes de mitigarem os efeitos, em especial, na cultura tomate-cereja. Assim, o cultivo hidropônico em substrato ganha cada vez mais destaque, por ser uma alternativa promissora no uso de águas salobras (SAUSEN et al., 2020). Outra alternativa importante, é o uso de compostos não-enzimáticos, como o ácido ascórbico (AsA), uma molécula antioxidante solúvel em água que atua como substrato primário na via cíclica para a desintoxicação de radicais livres como superóxido (O_2^-), hidroxila ($HO^\bullet$) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e como substrato da ascorbato peroxidase (APX), uma enzima essencial da via ascorbato-glutationa (SHARMA et al., 2019).

O AsA pode evitar o estresse oxidativo ao reduzir o acúmulo excessivo de EROs, melhorando a síntese de pigmentos fotossintéticos e o crescimento das plantas, sendo essencial para manter os processos fisiológicos (HAMEED et al., 2015; ALINIAEIFARD et al., 2016; WASZCZAK et al., 2018), e contribuir para o crescimento das plantas, por meio da manutenção da taxa de fotossíntese, transpiração, potencial de defesa oxidativa e pigmentos fotossintéticos, o que pode induzir a tolerância das plantas ao estresse salino (NAZ et al., 2016; WANG et al., 2019).

Há relatos na literatura da aplicação foliar de AsA como alternativa para reduzir os efeitos do estresse salino, ao aumentar as atividades das enzimas antioxidantes em diversas culturas, como no maracujazeiro-azedo (CAETANO et al., 2024), no morangueiro (CRIZEL et al., 2020) e no tomateiro (CHEN et al., 2024). No entanto, ainda são incipientes estudos que informem sobre o efeito da aplicação foliar de ácido ascórbico no cultivo do tomate-cereja, em sistema hidropônico com substrato utilizando águas salobras, bem como uma concentração de AsA capaz de mitigar os efeitos do estresse salino nas condições de semiárido do Nordeste brasileiro.

Em suma, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido ascórbico nos índices fisiológicos e no crescimento do tomateiro-cereja ‘Laranja’ com uso de soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a julho de 2024, em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba, situada pelas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550 m. O clima da região é do tipo As, que representa clima tropical chuvoso com verão seco, conforme a classificação climática de Köppen e Thornthwaite, adaptada para o Estado da Paraíba (FRANCISCO et al., 2015). A casa de vegetação possuía dimensões de 32 m de comprimento por 20 m de largura, totalizando uma área de 640 m². A estrutura em formato de arco, com cobertura feita de plástico transparente (polietileno) de baixa densidade, com espessura de 150 µm, e as laterais revestidas com tela de sombreamento com 80%. As temperaturas (máxima e mínima) e a umidade relativa do ar média foram registradas diariamente com o uso de um termo-higrômetro digital instalado dentro da casa de vegetação (Figura 1).

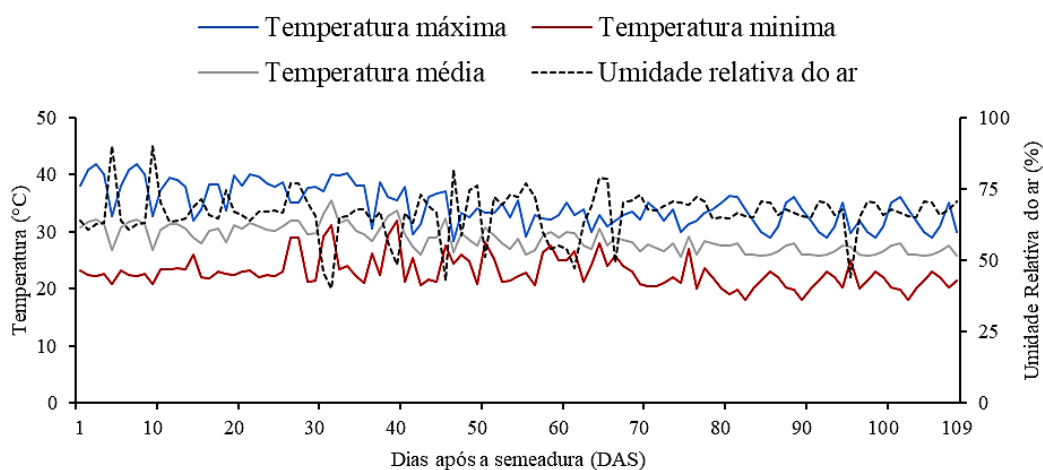


Figura 1. Temperatura (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar média da área interna da casa de vegetação durante o período experimental (12 de abril a 29 de julho de 2024).

Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (2,1-Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações de ácido ascórbico - AsA (0; 150; 300; 400 e 600 mg L⁻¹), distribuídos em um delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 × 5, com quatro repetições e uma planta por parcela. Os níveis da solução nutritiva foram adaptados a partir do estudo realizado por Guedes et al. (2024), em pesquisa com o tomate-cereja ‘Laranja’ em sistema hidropônico, já as concentrações de ácido ascórbico foram adaptadas com base em pesquisa desenvolvida por Gaafar et al. (2020).

Nesta pesquisa foram utilizadas sementes de tomate-cereja ‘Laranja’ da Topseed Garden®. Essa cultivar possui ciclo em torno de 90 dias, plantas de crescimento determinado, e altamente produtiva. Os frutos apresentam excelente qualidade pós-colheita, com comprimento e diâmetro variando entre 20 e 25 mm. O tomateiro cereja é resistente à murcha do *fusarium* e nematoides (AGRISTAR, 2023).

As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico com substrato instalado em vasos com capacidade de 10 L, com perfuração na base do vaso para conectar um dreno de 10 mm de diâmetro, inserido um arame com 15 cm de comprimento no dreno para fixá-lo no vaso. Uma garrafa plástica com capacidade de 2 L, foi utilizada para a coleta, a recirculação, o monitoramento da CE e pH das soluções nutritivas drenadas e também, estimar o consumo hídrico das plantas (Tabela 1). Na parte interna dos vasos, sobre as saídas dos drenos, foi colocada uma manta geotêxtil não tecida (Bidim). Em seguida, os vasos foram preenchidos com 13 kg de areia lavada, nº 0, com um espaçamento 0,6 x 1,0 m entre plantas e fileiras, respectivamente.

Tabela 5. Consumo hídrico do tomateiro-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEs_n).

CEs _n (dS m ⁻¹)	Consumo hídrico (L por planta)
2,1	134,60
2,8	128,70
3,5	71,60
4,2	64,81
4,9	61,86

O semeio se deu diretamente nos vasos, com 3 sementes distribuídas de forma equidistante, com espaçamento de 5 cm e profundidade média de 2 cm. Aos 33 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste, quando apresentaram um par de folhas

verdadeiras, permanecendo no vaso apenas a com maior vigor. As plantas foram conduzidas por tutoramento vertical, de modo a conduzir a haste principal.

Antes das soluções nutritivas, foi efetuado o fornecimento de água do abastecimento local (CEa 0,4 dS m⁻¹) para germinação das sementes e emergência das plântulas, sendo cessado aos 13 DAS. Posteriormente, realizou-se o preparo da solução nutritiva conforme recomendação de Hoagland e Arnon (1950), possuindo N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe nas concentrações de 210, 31, 234, 200, 48, 64, 0,5, 0,5, 0,05, 0,02, 0,01 e 5 mg L⁻¹, respectivamente. O processo de preparação se deu a partir da diluição da solução estoque, que continha os macros e micronutrientes, na água de abastecimento local, resultando em uma condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,1 dS m⁻¹. Na fase de formação de mudas, elas receberam a solução nutritiva de ‘meia força’ (50% da recomendação), com início aos 14 DAS. A partir dos 23 DAS foi aplicada a solução nutritiva completa (100% da recomendação). As quantidades e fontes estão dispostas na Tabela 2. O pH da solução nutritiva manteve-se entre 5,5 e 6,5, pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl).

Tabela 2. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950)*.

Nutrientes	Fontes	Unidade	Quantidade – 1 L	Solução estoque (100%) – mL L ⁻¹
Macronutrientes				
K/P	(KH ₂ PO ₄)	g	136,09	1
K/N	(KNO ₃)	g	101,10	1
Ca/N	(Ca (NO ₃) ₂ 4H ₂ O)	g	236,15	5
Mg	(MgSO ₄ 7H ₂ O)	g	246,49	2
Micronutrientes				
B	(H ₃ BO ₃)	g	3,10	1
Mn	(MnSO ₄ H ₂ O)	g	1,70	1
Zn	(ZnSO ₄ 7H ₂ O)	g	0,22	1
Cu	(CuSO ₄ 5H ₂ O)	g	0,75	1
Mo	(NH ₄ Mo ₇ O ₂₄ H ₂ O)	g	1,25	1
Fe	(FeSO ₄)	g	13,9	1
-	EDTA - Na	g	13,9	

*Solução contém seguinte composição em mg L⁻¹: N - 210; P - 31; K - 234 Ca - 200; Mg - 48; S - 64; B - 0,5; Mn - 0,5; Zn - 0,05; Cu - 0,02; Mo - 0,01; e Fe - 5.

As soluções nutritivas salobras foram preparadas mediante adição de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) na solução nutritiva, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1 entre Na, Ca e Mg respectivamente, que representa a composição média das águas do semiárido do Nordeste brasileiro (SILVA JÚNIOR et al., 1999). Os distintos níveis de CEsn, foram obtidos considerando a relação entre CEsn e a concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Eq. 1.

$$C(\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}) = 10 \times \text{CEsn} \quad (1)$$

Em que:

C = Concentração de sais a ser aplicado ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$); e,

CEsn = Condutividade elétrica da solução nutritiva descontada Cesn testemunha (dS m^{-1}).

A recirculação da solução nutritiva foi realizada duas vezes ao dia, manhã (9h) e tarde (15h). Antes de cada evento de recirculação, foi coletada a solução nutritiva drenada e anotado o volume drenado, para estimar o consumo hídrico das plantas. Quando a solução drenada se esgotava, uma nova solução nutritiva era utilizada. Após preparadas, as diferentes concentrações de soluções nutritivas salobras foram armazenadas em recipientes com capacidade para 200 L, a irrigação iniciou-se 72h após a aplicação do ácido ascórbico (31 DAS).

As concentrações do ácido ascórbico foram obtidas pela dissolução de quantidade adequada, conforme tratamento, em água destilada, cujo preparo foi feito no dia de cada aplicação, por ser um elemento bastante volátil. As aplicações foliares com o ácido ascórbico tiveram início 72 h antes das aplicações de soluções nutritivas salobras (28 DAS), depois passaram a se a cada 10 dias até o início da fase de frutificação, totalizando três aplicações. As aplicações tiveram o auxílio de pulverizador manual, pulverizando as duas faces das folhas, de modo a se obter o molhamento completo. Nas soluções de pulverização foi adicionado um surfactante (Tween 20 a 0,025%), para quebrar a tensão superficial da água e favorecer a absorção do ácido ascórbico pelas folhas. No momento das aplicações de AsA, as plantas ficaram isoladas por uma estrutura plástica para evitar a deriva das soluções para as plantas de outros tratamentos vizinhos. Durante a condução do experimento foi utilizado um volume médio de 108 mL da solução por planta.

O manejo fitossanitário com o uso de defensivos químicos ocorreu durante a condução do experimento, com aplicações de inseticidas, rotacionando os princípios ativos como Deltametrina, Tiametoxam e Imidacloprido, para o controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B) e larva-minadora (*Liriomyza* spp.). De modo preventivo, foi utilizado fungicida, como Tiofanato-metilico.

Aos 60 DAS foram avaliadas as trocas gasosas, com um medidor portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda, com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} e em nível de CO_2 do ambiente, mediante curva de saturação de luz fotossintética, avaliadas nas folhas do terço médio, obtendo-se a taxa de assimilação de CO_2 – A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$); transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); condutância estomática – g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 – C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A partir dos dados, quantificou-se a eficiência instantânea no uso da água – $\text{EiUA } (A/E)$ [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação – $\text{EiCi } (A/C_i)$ [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$].

A leitura da fluorescência da clorofila a ocorreu por meio de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science, com aplicação do protocolo Fv/Fm, para saber a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m). As leituras foram feitas após adaptação das folhas no escuro por um período de 30 min, usando um clipe do equipamento, para garantir que todos os aceptores primários estivessem totalmente oxidados, ou seja, os centros de reação estivessem abertos.

Os teores de pigmentos fotossintéticos (Clorofila a , b , total e carotenoides) foram determinados utilizando-se discos foliares com área de 1,54 cm^2 de folhas do terço médio da planta, conforme metodologia adaptada de Arnon (1949). Os extratos foram empregados para a determinação dos teores de clorofilas a , b , total e carotenoides, foram preparados com 5 mL de sulfóxido de dimetil e acondicionados em temperatura ambiente, após 48h, com auxílio de um espectrofotômetro foram feitas as leituras dos pigmentos fotossintéticos nos comprimentos de onda de absorbância de 470, 647 e 663 nm, respectivamente conforme as Eqs. 2, 3, 4 e 5. Os valores obtidos para os teores de clorofila a , b , total e carotenoides nas folhas estão expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

$$\text{Cl } a = (12,25 \times \text{ABS}663) - (2,79 \times \text{ABS}647) \quad (2)$$

$$\text{Cl } b = (21,5 \times \text{ABS}647) - (5,10 \times \text{ABS}663) \quad (3)$$

$$Cl\ t = (7,15 \times ABS663) + (18,71 \times ABS647) \quad (4)$$

$$Car = (1000 \times ABS470 - 1,82 \times Cl\ a - 85,02 \times Cl\ b) / 198 \quad (5)$$

Em que:

Cl *a* – Clorofila *a*;

Cl *b* – Clorofila *b*;

Cl *t* – Clorofila total;

Car – Carotenoides.

A avaliação do conteúdo relativo de água – CRA% seguiu de acordo com a metodologia de Weatherley (1950). Para a obtenção da massa fresca (MF) foram coletados cinco discos de 1,54 cm² de folhas do terço médio da planta e, imediatamente pesados em balança com precisão de 0,001g. Em seguida, foram imersos com 50 mL de água destilada em béqueres por 24 horas em temperatura ambiente. Após o período, todo excesso de água foi removido dos discos com papel toalha e pesados, para assim obter a massa túrgida (MT) das amostras, logo após as amostras foram acondicionadas em temperatura de $\approx 65 \pm 3$ °C até atingir massa constante, para obtenção da massa seca (MS), utilizando-se a Eq. 6.

$$CRA\% = \frac{(MF-MS)}{(MT-MS)} \times 100 \quad 6)$$

Em que:

CRA% – Conteúdo relativo de água (%);

MF – Massa fresca do disco foliar (g);

MT – Massa túrgida do disco foliar (g);

MS – Massa seca do disco foliar (g).

Para o extravasamento de eletrólitos – EE foi necessário o uso de um perfurador de cobre a fim de se obter cinco discos foliares com área de 1,54 cm², os quais foram lavados e acondicionados em béqueres contendo 50 mL de água destilada e cobertos com papel alumínio. Os béqueres foram mantidos à temperatura de 25°C, por 24 horas, para verificação da condutividade elétrica inicial – Ci. Posteriormente, as amostras foram conduzidas à estufa, com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 80 °C por 90 minutos. Na sequência, elas foram retiradas e acomodadas em bancada até alcançar a temperatura ambiente e novamente realizou-se a medição da condutividade elétrica final

– Cf. Assim, o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar, foi obtido de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), conforme Eq. 7:

$$EE (\%) = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (7)$$

Em que:

EE – Extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (%);

C_i – Condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹);

C_f – Condutividade elétrica final (dS m⁻¹).

A avaliação da área foliar – AF (cm²) ocorreu aos 47 DAS, a partir da metodologia de Reis et al. (2013), utilizando-se a Eq. 8:

$$AF = C \times L \times f \quad (8)$$

Em que:

AF = Área foliar da planta (m²);

C = Comprimento da nervura principal (m);

L = Largura máxima da folha (m);

f = Fator de forma (0,59).

Também foram analisados a altura de plantas – AP, o número de folhas – NF e o diâmetro caulinar – DC, aos 60 DAS. Para o número de folhas – NF a contagem foi direta, tomando como parâmetro aquelas com o comprimento superior a 3 cm, para altura de plantas (cm) com auxílio de uma fita milimetrada a partir do nível do substrato (colo da planta) até a inserção do meristema apical e o diâmetro do caule (mm) medido a 2 cm do colo da planta com paquímetro digital;

Aos 108 DAS, as folhas e o caule foram coletados para determinação do acúmulo de fitomassa. As distintas partes da planta (folhas e caule) foram cortadas e acondicionadas em sacos de papel Kraft e, posteriormente levadas à estufa a 65 °C, permanecendo durante 72h, depois de retirado da estufa, o material foi pesado em balança semi-analítica e digital, obtendo-se o acúmulo de fitomassa.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e posteriormente, realizou-se a análise de variância pelo teste ‘F’ em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Realizou-se análise de regressão polinomial para os níveis de soluções

nutritivas salobras e concentrações de ácido ascórbico, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL versão 5.7 (FERREIRA, 2019). O software SigmaPlot® foi usado para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEsn × AsA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na interação entre os fatores (CEsn x AsA) houve efeito significativo para a condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e concentração interna de CO₂ (*Ci*) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ (Tabela 3). No entanto, os níveis de CEs_n afetaram de forma isolada, a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) das plantas de tomateiro. As concentrações do ácido ascórbico influenciaram significativamente a taxa de assimilação de CO₂, a eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e a eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*), aos 60 dias após a semeadura.

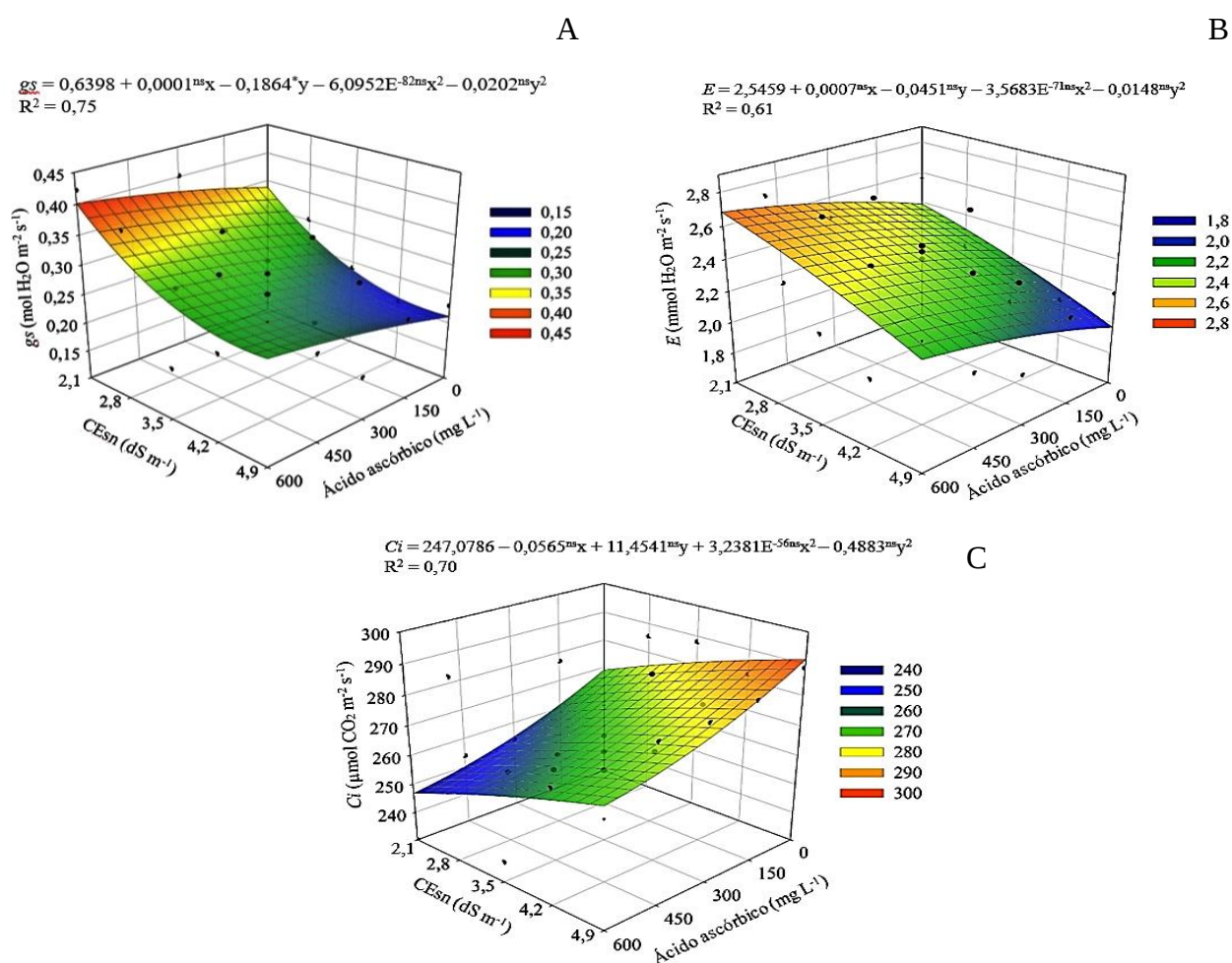
Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn)	4	0,0572**	0,5726**	1917,3650**	39,9319**	1,8770 ^{ns}	0,0010 ^{ns}
Regressão linear	1	0,1997**	2,1570**	7576,8050**	118,6570**	0,6552 ^{ns}	0,0036 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,0276**	0,0147 ^{ns}	3,4321 ^{ns}	5,4126 ^{ns}	1,6230 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Ácido ascórbico (AsA)	4	0,0139**	0,2957**	2095,9150**	26,2441**	1,5856*	0,0008**
Regressão linear	1	0,0506**	1,1101**	7775,0450**	75,8666**	1,9761 ^{ns}	0,0027**
Regressão quadrática	1	0,0005 ^{ns}	0,0179 ^{ns}	319,2893 ^{ns}	16,6408*	4,3282*	0,0002 ^{ns}
Interação (CEsn × AsA)	16	0,0131**	0,3351**	1054,0900**	35,8535 ^{ns}	4,614155 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Blocos	3	0,0108*	0,5086**	103,1467 ^{ns}	8,5331 ^{ns}	0,3630 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo	72	0,0031	0,0642	105,0911	3,8996	0,8628	0,0001
CV (%)		19,45	10,75	3,84	13,49	15,06	14,04

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

A condutância estomática – *gs* (Figura 2A) e a transpiração – *E* (Figura 2B) das plantas do tomate-cereja ‘Laranja’ reduziram com o incremento nos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. Entretanto, observa-se que a aplicação foliar de ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ promoveu valores máximos de *gs*

(0,397 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e *E* (2,896 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) nas plantas sob CEs_n 2,1 dS m⁻¹, correspondendo a um aumento de 17,90% (0,06 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e 17,60% (0,420 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), respectivamente, em relação às cultivadas com a mesma CEs_n (2,1 dS m⁻¹) e sem aplicação do AsA (0 mg L⁻¹). Sob estresse salino, as plantas tendem a fechar parcialmente seus estômatos e reduzir a transpiração, sendo uma boa estratégia para reduzir a perda de água e a absorção sais dispostos na solução (DIAS et al., 2019). É provável que, a aplicação foliar de AsA modulou as atividades das enzimas responsáveis pela síntese e metabolismo do AsA, mantendo a homeostase dos íons, mitigando a toxicidade e aliviando o estresse osmótico por meio da regulação do metabolismo da prolina (CHEN et al., 2024).



x e y - Concentração do ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs_n respectivamente;

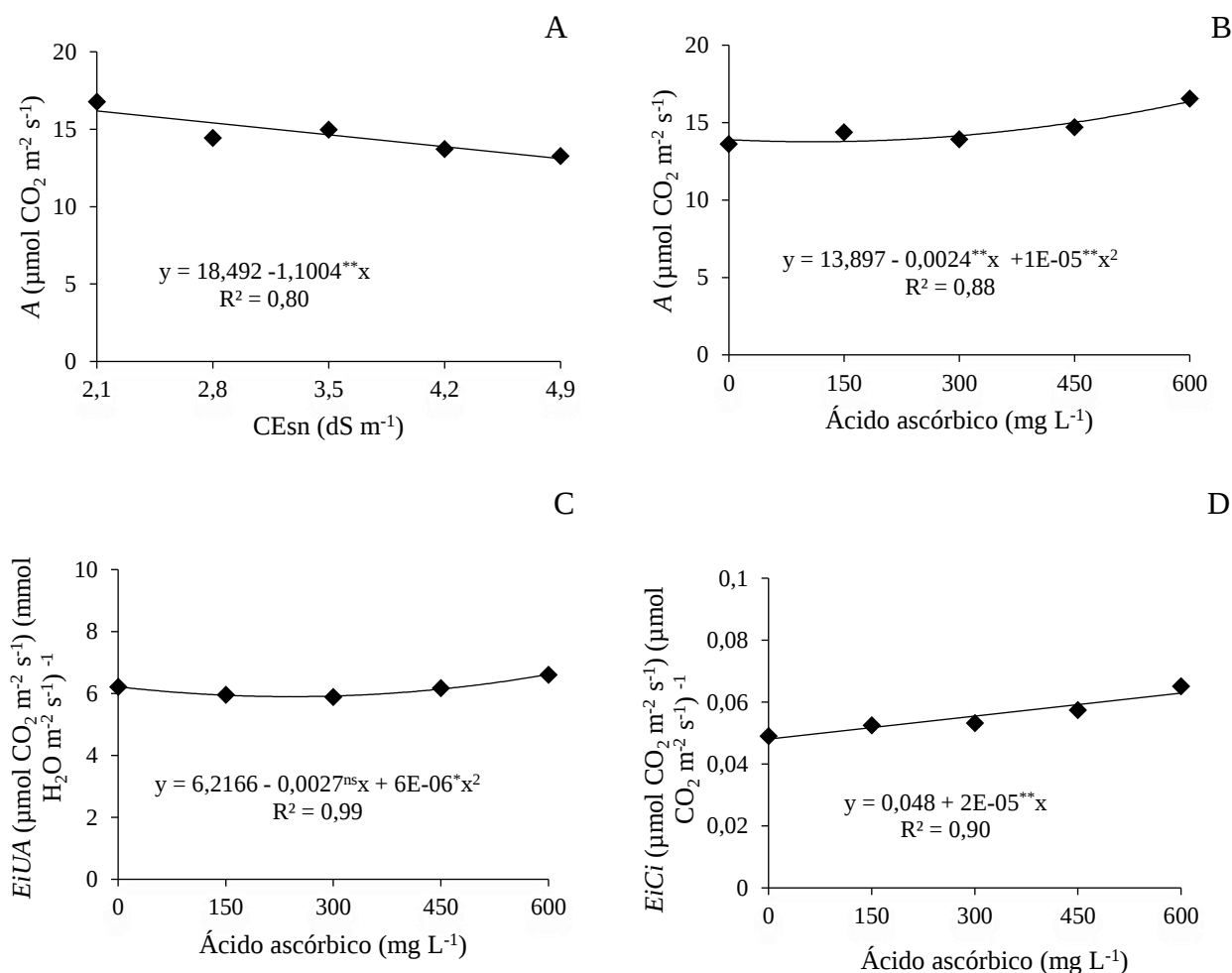
^{ns}, * - não significativo, significativo em ≤ 0,05 pelo teste F, respectivamente.

Figura 2. Condutância estomática – *g_s* (A), transpiração – *E* (B) e concentração interna de CO₂ – *C_i* (C) do tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de

condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n e concentrações de ácido ascórbico - AsA, aos 60 dias após a semeadura.

A concentração interna de CO₂ – *C_i* do tomate-cereja aumentou com os níveis de CEs_n (Figura 2C). Observa-se que, as plantas cultivadas sob CEs_n 4,9 dS m⁻¹ e que não receberam a aplicação do AsA (0 mg L⁻¹) obtiveram os maiores valores de *C_i* (291,48 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), com um aumento de 8,37% em comparação com àquelas submetidas à CEs_n de 2,1 dS m⁻¹. A aplicação foliar de AsA com a concentração de 600 mg L⁻¹ proporcionou o menor valor de *C_i* (235,08 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) nas plantas irrigadas com CEs_n 2,1 dS m⁻¹, em relação àquelas que não receberam AsA (0 mg L⁻¹) e solução nutritiva de 2,1 dS m⁻¹. A elevação da concentração interna de CO₂ nas plantas submetidas à CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ pode estar relacionada à inibição da atividade da enzima RuBisCO e ao comprometimento do sistema fotossintético, como resposta à senescência do tecido foliar, decorrente da pressão exercida pelo acúmulo excessivo de sais (DIAS et al., 2018). Os resultados do presente estudo corroboram com os encontrados por Mendonça et al. (2024), que ao cultivarem o quiabeiro sob soluções nutritivas salinas (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹) em sistema hidropônico tipo NFT, observaram que níveis crescentes de CEs_n aumentaram a *C_i*, cujo valor máximo (138.67 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi obtido sob CEs_n de 9,0 dS m⁻¹.

A taxa de assimilação de CO₂ (*A*) de tomate-cereja ‘Laranja’ foi comprometida pelo aumento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, cujo decréscimo foi de 5,95% por incremento unitário na CEs_n (Figura 3A). Em termos relativos, verifica-se que as plantas cultivadas sob CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ tiveram redução de 19,04% na *A* em relação às que receberam 2,1 dS m⁻¹. Em geral, em plantas sensíveis ao estresse salino, altos níveis de CEs_n induzem o fechamento parcial dos estômatos e restringem a difusão de CO₂ na câmara subestomática, além de inibir a atividade da enzima RuBisCO, que predispõe o aparelho fotossintético ao aumentar a dissipação de energia e a regulação negativa da fotossíntese (SILVA et al., 2018; LIMA et al., 2020).



^{ns}, ^{*}, ^{**} - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 3. Taxa de assimilação de CO_2 – A do tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas (A) e das concentrações de ácido ascórbico – AsA (B); eficiência instantânea no uso da água – $EiUA$ (C) e eficiência instantânea da carboxilação – $EiCi$ (D) em função das concentrações de AsA, aos 60 dias após a semeadura.

Em contrapartida, a aplicação do AsA na concentração de 600 mg L^{-1} foi capaz de reduzir os efeitos do estresse salino ao proporcionar aumento na A , independentemente dos níveis de CEs, com valor máximo estimado de $16,06 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3B). O AsA é um composto não-enzimático que exerce diversas funções na planta, contribuindo na atividade de várias enzimas, dentre elas, o processo de carboxilação de RuBisCO, que em condições ideais prevalece sobre o processo de oxigenase, favorecendo a assimilação de CO_2 (SALMON et al. 2020). Em estudo avaliando os efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico em goiabeira sob déficit hídrico, Lacerda et al. (2025)

observaram que, a concentração de 90 mM de AsA resultou em aumento na taxa de assimilação de CO₂, aos 240 dias após o transplante.

A eficiência instantânea no uso da água – *EiUA* (Figura 3C) e eficiência instantânea da carboxilação – *EiCi* (Figura 3D) aumentaram com as concentrações de AsA. A aplicação foliar de ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ proporcionou o valor máximo estimado para a *EiUA* de 6,76 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]. Nas plantas pulverizadas com a concentração de 600 mg L⁻¹, foi observado um aumento de 20,83% na *EiCi* em comparação com as que não receberam concentrações do AsA. A eficiência instantânea do uso da água avalia a proporção da assimilação de CO₂ para a condutância estomática, sendo afetada por variações na abertura estomática (GENTILESCA et al., 2021). As alterações na condutância estomática podem afetar tanto a taxa fotossintética quanto a *EiUA* (HOU et al., 2023). O aumento na *EiCi* apresentado no presente estudo, pode estar relacionado ao aumento na taxa de assimilação de CO₂ proporcionado pelo AsA. Além disso, o aumento na *EiUA* e *EiCi* pode ser atribuído às propriedades antioxidantes do ácido ascórbico, que auxiliam na eliminação de EROs e no aumento da síntese de pigmentos fotossintéticos, características consideradas fundamentais para o controle dos processos fisiológicos nas plantas (WASZCZAK et al., 2018).

O efeito significativo da interação entre os fatores (CESn × AsA) ocorreu apenas para a fluorescência variável (Fv) do tomate-cereja ‘Laranja’ (Tabela 4). Os níveis de CESn afetaram de forma significativa a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm). Já as concentrações do ácido ascórbico influenciaram significativamente a fluorescência máxima do tomate-cereja ‘Laranja’, já a fluorescência inicial (F₀) não foi afetada de forma significativa pelas fontes de variação testadas, aos 60 dias após a semeadura.

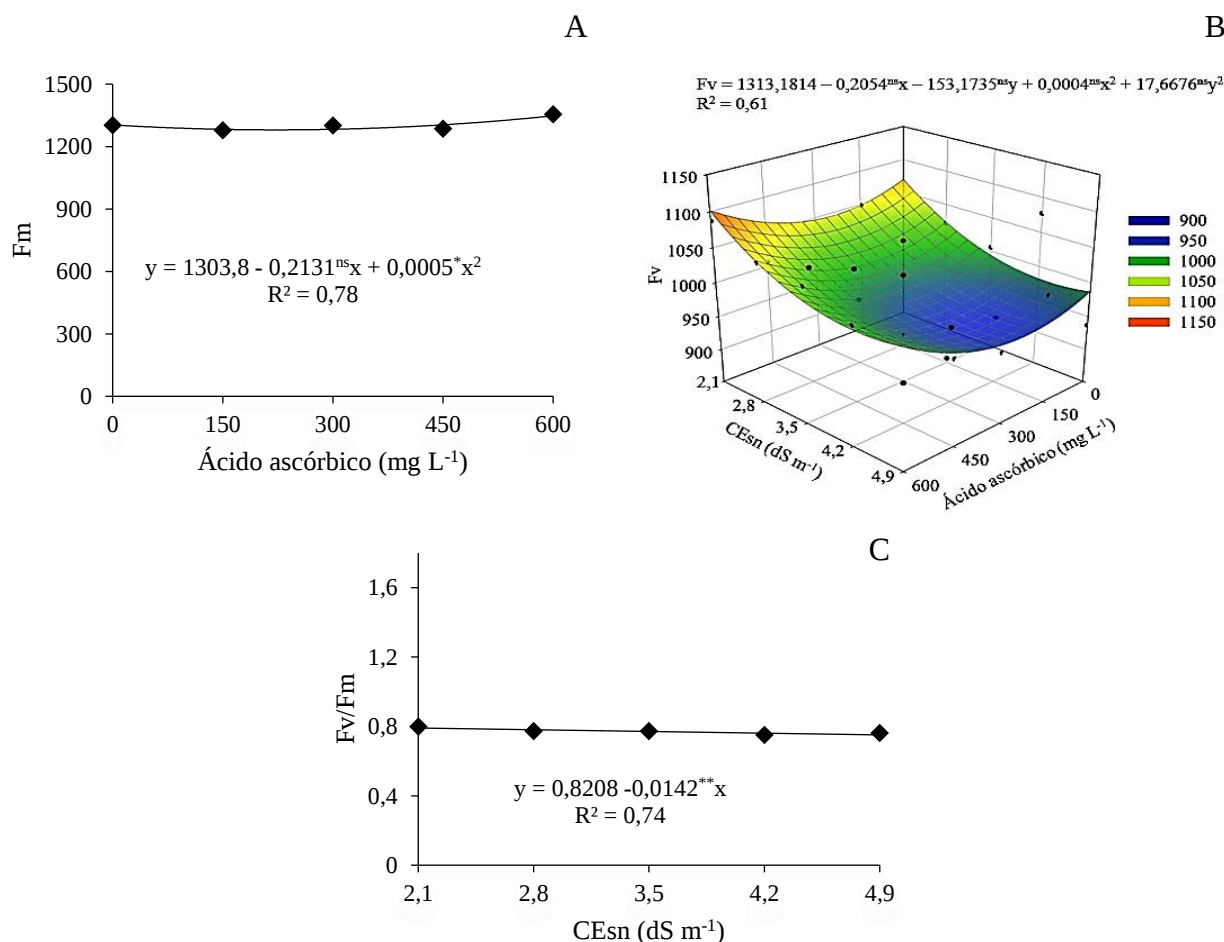
Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) do tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		F ₀	Fm	Fv	Fv/Fm
Condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn)	4	120,465 ^{ns}	12630,56 ^{ns}	27092,14 ^{**}	0,0066 ^{**}
Regressão linear	1	438,08 ^{ns}	25560,61 ^{ns}	85284,50 ^{**}	0,0198 ^{**}
Regressão quadrática	1	43,2143 ^{ns}	24497 ^{ns}	20984,91 [*]	0,0037 ^{ns}
Ácido ascórbico (AsA)	4	319,015 ^{ns}	17983,42 [*]	14609,87 [*]	0,0027 ^{ns}

Regressão linear	1	16,82 ^{ns}	23914,8 ^{ns}	13154,42 ^{ns}	0,0093 ^{ns}
Regressão quadrática	1	356,628 ^{ns}	32207,2*	26500,63*	0,00004 ^{ns}
Interação (CEsn × AsA)	16	635,409 ^{ns}	18444,33 ^{ns}	14123,90**	0,0031 ^{ns}
Blocos	3	358,680 ^{ns}	165162,39 ^{ns}	84711,11 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Resíduo	72	269,104	7361,76	5220,55	0,0014
CV (%)		5,82	6,58	7,34	4,81

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

Para a fluorescência máxima, observa-se que na aplicação foliar de AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ proporcionou o valor máximo estimado de 1355,94 (Figura 4A). O AsA ativa os mecanismos de fluxo de elétrons cíclicos e extinção não fotoquímica, dissipando o excesso de energia de excitação, estabilizando os supercomplexos PSII e PSI e aumentando o metabolismo de carbono e nitrogênio, ao mesmo tempo em que aumenta os sistemas de eliminação de EROs para mitigar os danos oxidativos causados pela fotoinibição, o que pode ter elevado a Fm das plantas no presente estudo (CHEN et al., 2021; CHEN et al., 2023).



x e y - Concentração do ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn respectivamente;

^{ns}, *, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 4. Fluorescência máxima – Fm (A) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ em função das concentrações do ácido ascórbico - AsA; fluorescência variável – Fv (B), em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e concentrações de AsA e eficiência quântica do fotossistema II – Fv/Fm (C), em função dos níveis de CEs_n, aos 60 dias após a semeadura.

A fluorescência variável (Fv) do tomate-cereja ‘Laranja’ reduziu com o aumento dos níveis de CEs_n, porém aumentou com a aplicação foliar do ácido ascórbico (Figura 4B). As plantas irrigadas com o maior nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (4,9 dS m⁻¹) e sem a pulverização com o AsA (0 mg L⁻¹) tiveram os menores valores de Fv (986,83). Já em comparação com as plantas cultivadas sob mesmo nível de CEs_n e que receberam a pulverização de 600 mg L⁻¹ de AsA obtiveram um maior valor de 1007. Sob condições de estresse, o ácido ascórbico pode ajudar a manter o equilíbrio na distribuição de energia, pois pode atuar como cofator de enzimas antioxidantes, como a violaxantina de-epoxidase, que está diretamente envolvida na capacidade de dissipar energia (CHEN et al., 2023).

A eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) reduziu com o aumento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, cujo decréscimo foi de 1,73% por incremento unitário nos níveis de CEs_n (Figura 4C). Ao comparar a Fv/Fm das plantas cultivadas sob CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ em relação às que receberam 2,1 dS m⁻¹, verifica-se diminuição de 5,03%. Os valores corroboram com os encontrados por Mendonça et al. (2024), com o cultivo de plantas de quiabo em soluções nutritivas salobras (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹), os pesquisadores observaram um decréscimo de 0,31% na Fv/Fm por incremento unitário na CEs_n. A redução da eficiência fotoquímica devido ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva pode ser explicada pela inibição da quebra da molécula de água para obter os elétrons essenciais na fase fotoquímica da fotossíntese, além de reduzir a concentração de pigmentos fotossintéticos, como a clorofila (OLIVEIRA et al., 2018).

O efeito significativo da interação entre os fatores (CEs_n × AsA) ocorreu apenas para conteúdo relativo de água (CRA) do tomate-cereja ‘Laranja’ (Tabela 5). Os níveis de solução nutritiva influenciaram significativamente os teores de clorofila *b* (Cl *b*), carotenoides (Car), clorofila total (Cl *t*) e o extravasamento de eletrólitos (EE) no limbo foliar das plantas de tomate-cereja. As concentrações do ácido ascórbico provocaram

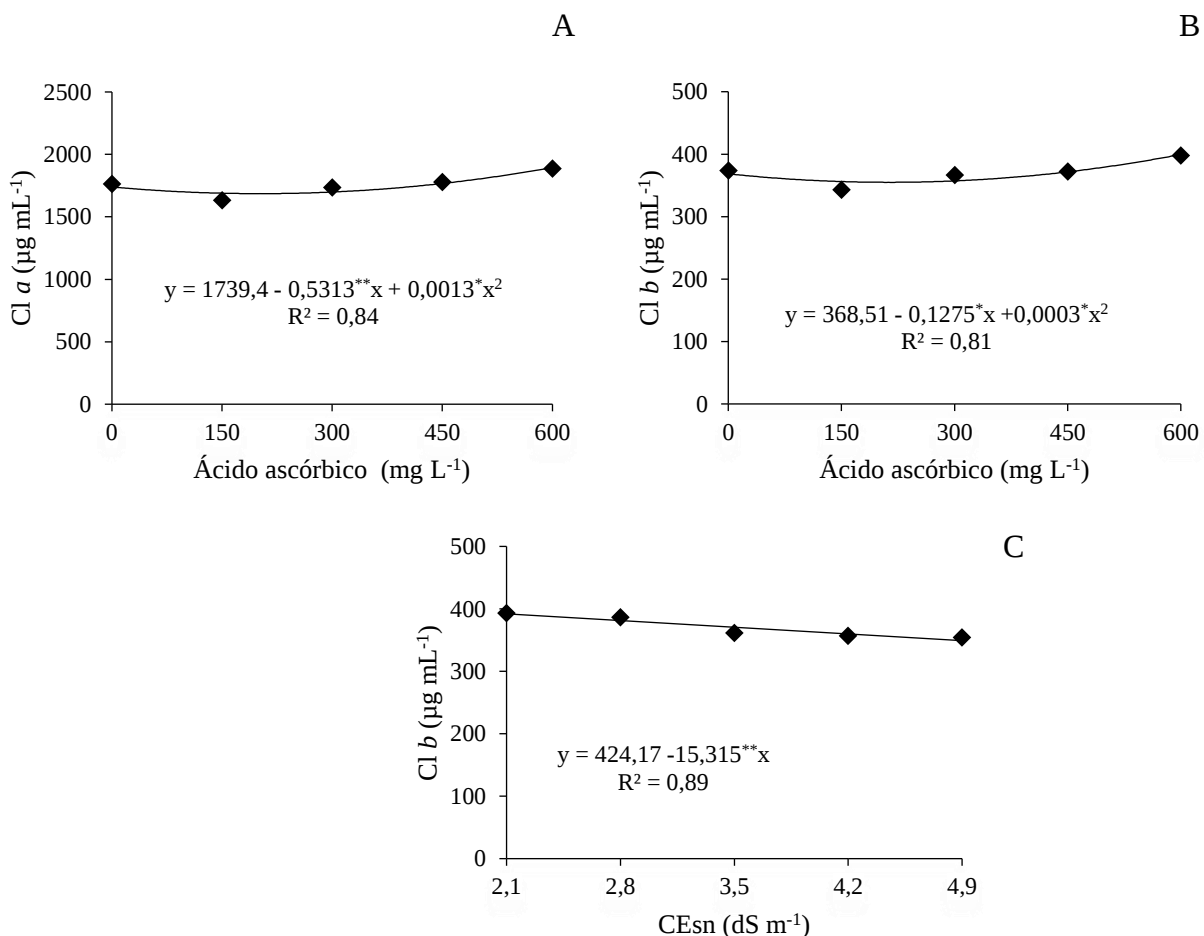
efeito significativo nos teores de Clorofila *a* e *b* das plantas de tomate-cereja, aos 60 dias após a semeadura.

Tabela 5. Resumo das análises de variâncias para os teores de clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*), carotenoides (Car), clorofila total (Cl *t*), conteúdo relativo de água (CRA%) e extravasamento de eletrólitos (EE) em plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Car	Cl <i>t</i>	CRA%	EE
Condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn)	4	93741,54 ^{ns}	6488,52*	26695,52**	326625,19**	193,01**	167,38**
Regressão linear	1	358469,85 ^{ns}	22985,57**	104931,77**	1262932,01**	513,54**	640,24**
Regressão quadrática	1	1638,09 ^{ns}	1222,29 ^{ns}	492,46 ^{ns}	25014,28 ^{ns}	257,73**	3,59 ^{ns}
Ácido ascórbico (AsA)	4	164748,03**	76,48,97*	6848,19 ^{ns}	75820,51 ^{ns}	217,17**	29,38 ^{ns}
Regressão linear	1	304321,01**	12013,39*	11424,26 ^{ns}	2871,04 ^{ns}	508,77**	5,56 ^{ns}
Regressão quadrática	1	246586,04*	12639,54*	13338,23 ^{ns}	131470,23 ^{ns}	358,99**	0,35 ^{ns}
Interação (CESn × AsA)	16	245247,39 ^{ns}	15026,85 ^{ns}	15794,53 ^{ns}	245023,70 ^{ns}	46,27*	23,92 ^{ns}
Blocos	3	71254,70**	3431,20 ^{ns}	18567,22*	36166,78 ^{ns}	184,23**	141,53**
Resíduo	72	40213,24	2205,43	4640,76	56091,79	23,65	15,20
CV (%)		11,41	12,67	12,90	11,35	6,43	16,20

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

Para os teores de clorofila *a* – Cl *a* (Figura 5A) e *b* – Cl *b* (Figura 5B), a aplicação de AsA na concentração de 600 mg L⁻¹, proporcionou os valores máximos estimados de 1888,62 e 400,01 µg mL⁻¹, correspondendo a um aumento nos teores de Cl *a* e Cl *b* de 149,22 e 31,5 µg mL⁻¹ em relação às que não receberam a aplicação de AsA (0 mg L⁻¹), respectivamente. O AsA pode estimular a síntese de clorofila em plantas sob condições de estresse salino, por causa da sua ação como um composto antioxidante que contribui para a regulação e eliminação das EROs, reduzindo o efeito do estresse oxidativo na biossíntese de pigmentos, como a Cl *a* e Cl *b*, mantendo a capacidade da planta de realizar fotossíntese, mesmo em condições de estresse (HAMIDI et al., 2024).



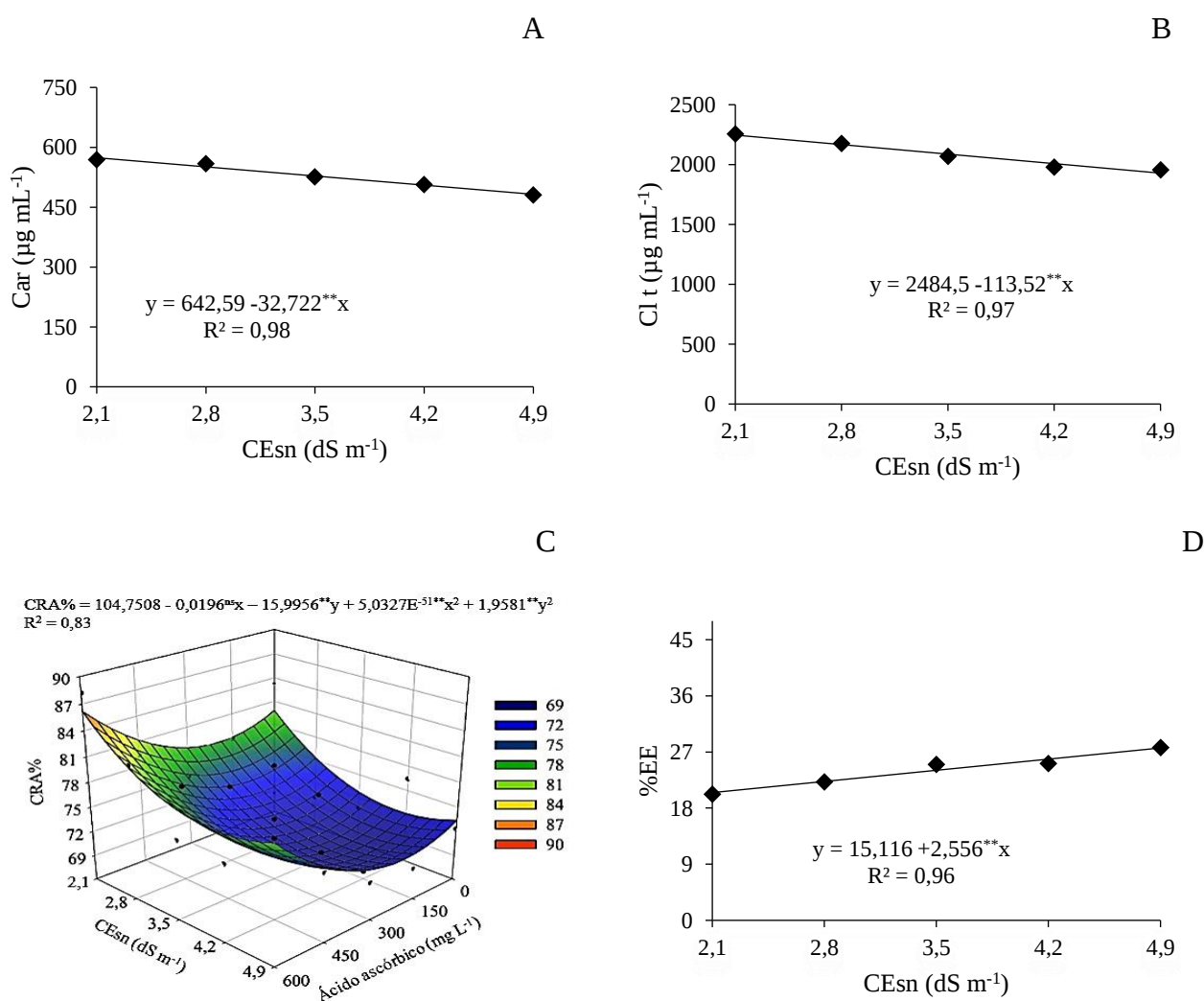
*, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 5. Teores de clorofila *a* – Cl *a* (A) e clorofila *b* – Cl *b* (B) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ em função das concentrações do ácido ascórbico - AsA e teores de Cl *b* (C), em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra - CESn, aos 60 dias após a semeadura.

Resultados semelhantes foram relatados por Chen et al. (2024), na avaliação dos efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA) no desempenho fotossintético de mudas de tomate sob estresse salino, concluíram que a aplicação de AsA na concentração de 0,5 mM estimulou a síntese de Cl *a* e Cl *b*. Além de efeito do AsA sob a síntese de pigmentos em cultivo de frutíferas sob estresse salino, Torres et al. (2025) verificaram que, a aplicação foliar de AsA na concentração de 90 mM aumentou o conteúdo de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total de plantas de goiabeira sob CEa de 2,8 dS m⁻¹.

Os níveis de CESn a partir de 2,1 dS m⁻¹ inibiram a síntese de clorofila *b* (Figura 5C), carotenoides (Figura 6A) e clorofila total (Figura 6B) do tomate-cereja, cujos decréscimos foram de 3,61, 5,09 e 4,57% por incremento unitário da CESn,

respectivamente. As plantas cultivadas sob CEsn de 4,9 dS m⁻¹ em relação às que receberam 2,1 dS m⁻¹ tiveram reduções nos teores de Cl b, Car e Cl t de 10,94% (42,88 µg mL⁻¹), 15,97% (91,62 µg mL⁻¹) e 14,15% (317,86 µg mL⁻¹), respectivamente. A diminuição nos teores de pigmentos fotossintéticos é resultado do aumento da atividade da enzima clorofilase, que degrada as membranas dos cloroplastos, causada por íons tóxicos presentes na solução salina nutritiva, que em grandes quantidades resultam em estresse oxidativo, causando instabilidade dos pigmentos fotossintéticos (LIMA et al., 2020).



x e y - Concentração de ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn respectivamente;

ns, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 6. Teores de carotenoides – Car (A), clorofila total – Cl t (B) e extravasamento de eletrólitos – EE (D) do tomate-cereja ‘Laranja’ em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra- CEsn, e conteúdo relativo de água – CRA% (C) em

função da interação entre os níveis de CESn e concentrações de ácido ascórbico - AsA, aos 60 dias após a semeadura.

O conteúdo relativo de água do tomate-cereja reduziu com o aumento dos níveis da CESn e a aplicação foliar do AsA (Figura 6C). As plantas cultivadas sob CESn de 4,9 dS m⁻¹ e aplicação de AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ obtiveram o menor valor de CRA (61,63%). Por outro lado, a CESn de 2,1 dS m⁻¹ e concentração de AsA de 0 mg L⁻¹ proporcionaram o valor máximo estimado de CRA (79,79%). A redução no conteúdo relativo de água no limbo foliar reflete a ação dos efeitos osmóticos causados pelo estresse salino, a alta concentração de sais na solução nutritiva restringe a absorção de água e nutrientes pelas plantas (GUEDES et al., 2024). Dantas et al. (2025), também observaram que a CESn em valores acima de 2,1 dS m⁻¹ ocasionaram reduções no conteúdo relativo de água em plantas de pepino japonês cultivados em sistema hidropônico.

O extravasamento de eletrólitos no limbo foliar do tomate-cereja ‘Laranja’ aumentou linearmente em função dos níveis de CESn, com acréscimo de 16,91% por incremento unitário na CESn (Figura 6D), em comparação as plantas irrigadas com o maior nível salino (4,9 dS m⁻¹) em relação às cultivadas sob 2,1 dS m⁻¹, o incremento foi de 34,94%. O estresse salino, geralmente, produz espécies reativas de oxigênio (EROs), como radicais superóxido, radicais hidroxila e peróxido de hidrogênio (SACHDEV et al., 2021). O desequilíbrio entre a produção e eliminação dessas EROs ocasiona danos fotooxidativos aos fotossistemas e peroxidação da membrana celular (YUDINA et al., 2020), promovendo aumento no extravasamento de eletrólitos, conforme observado no presente estudo. Entretanto, o aumento não causou danos à membrana das plantas de tomate-cereja, pois só é considerado dano quando ultrapassa 50% de vazamento de eletrólitos (SULLIVAN et al., 1971).

Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CESn × AsA) sobre a altura de plantas (AP), o número de folhas (NF) e a área foliar (AF) do tomate-cereja ‘Laranja’ (Tabela 6). Os níveis de solução nutritiva promoveram efeito significativo sobre o diâmetro caulinar (DC) das plantas de tomate-cereja, aos 60 dias após a semeadura.

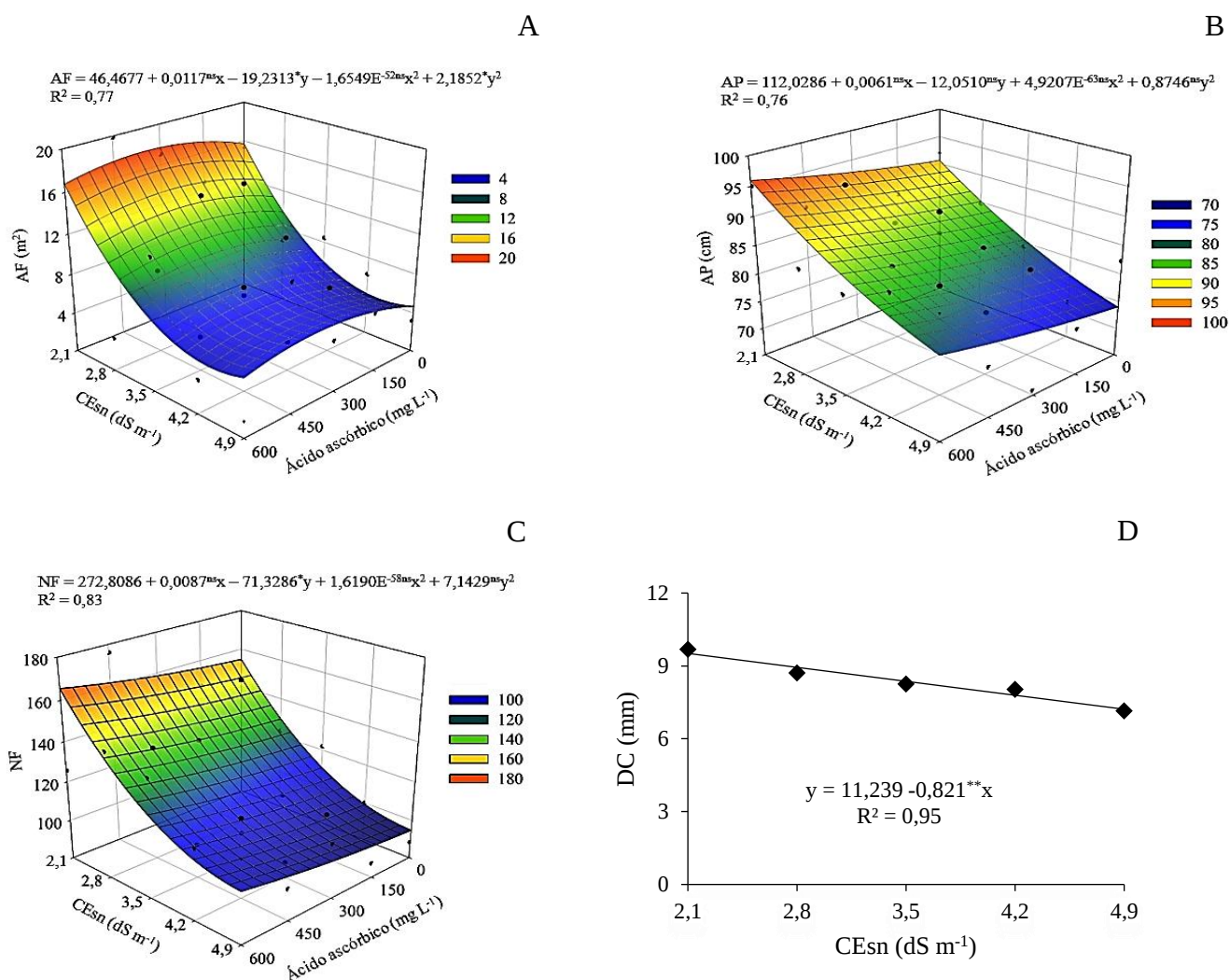
Tabela 6. Resumo da análise de variância para área foliar (AF) das plantas de tomateiro cultivadas aos 47 dias após a semeadura (DAS); altura de plantas (AP), número de folhas (NF) e diâmetro de caule (DC) de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CESn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), aos 60 (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios
--------------------	----	------------------

		AF	AP	NF	DC
Condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn)	4	482,15**	887,08**	12221,57**	17,30**
Regressão linear	1	1517,58**	3444,50**	44580,98**	66,06**
Regressão quadrática	1	321,02**	52,43 ^{ns}	3430,00**	0,24 ^{ns}
Ácido ascórbico (AsA)	4	24,44**	115,23**	392,35**	0,09 ^{ns}
Regressão linear	1	13,95 ^{ns}	367,21**	1523,52**	0,34 ^{ns}
Regressão quadrática	1	38,83*	3,43 ^{ns}	37,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Interação (NS × AsA)	16	72,45**	166,67**	1338,02**	1,33 ^{ns}
Blocos	3	1,26 ^{ns}	3,24 ^{ns}	10,12 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Resíduo	72	6,28	16,12	104,23	1,14
CV (%)		26,83	4,78	8,34	12,79

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

A área foliar – AF (Figura 7A), a altura de plantas– AP (Figura 7B) e o número de folhas – NF (Figura 7C) do tomate-cereja reduziram com o incremento dos níveis de CESn. Contudo, a aplicação foliar de AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ reduziu os efeitos do estresse salino, proporcionando o valor máximo de AF (22,74 m²), AP (94,24 cm) e NF (160 folhas) nas plantas cultivadas sob CESn 2,1 dS m⁻¹. Para as plantas submetidas à CESn de 2,1 dS m⁻¹ e que receberam a aplicação foliar de 600 mg L⁻¹ em relação ao tratamento controle (0 mg L⁻¹), ocorreram elevações na AF, AP e NF, de 44,66% (7,02 m²), 4,04% (3,66 cm) e 3,38% (5 folhas), respectivamente. O AsA pode ter estimulado a produção de compostos promotores de crescimento, como reguladores metabólicos e bioativadores, que atuaram como estabilizadores dos componentes celulares, sendo capazes de aumentar a resistência ao estresse salino (TORRES et al., 2025). Hassan et al. (2021), observaram que a aplicação de AsA via foliar também aumentou a tolerância de plantas aos efeitos deletérios do estresse salino, contribuindo para o seu crescimento.



x e y - Concentração de ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn, respectivamente; ^{ns}, *, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 7. Área foliar – AF (A), altura de plantas – AP (B) e número de folhas – NF (C) do tomate-cereja ‘Laranja’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra – CEsn e as concentrações de ácido ascórbico - AsA, e diâmetro de caule – DC (D) em função dos níveis de CEsn, aos 47 (AF) e 60 (demais variáveis) dias após a semeadura.

O diâmetro caulinar – DC das plantas de tomateiro diminuiu à medida que se elevou a CEsn (Figura 7D), cujo decréscimo foi de 7,3% por aumento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva. Ao comparar as plantas submetidas com a menor e maior CEsn (2,1 e 4,9 dS m⁻¹), verifica-se redução de 24,16% (2,30 mm) no DC das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’. A inibição no crescimento em diâmetro do caule causada pelo estresse salino ocorre pelas alterações nos processos fisiológicos da planta, incluindo expansão e alongamento celular (NÓBREGA et al., 2022). Em estudo com o

meloeiro “Gaúcho” cultivado em sistema hidropônico sob diferentes níveis de CEs_n (2,1; 3,2; 4,3 e 5,4 dS m⁻¹), Fatima et al. (2023) observaram reduções no diâmetro caulinar com níveis salinos superiores a 2,1 dS m⁻¹.

Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEs_n × AsA), para a fitomassa de folhas (FSF) e fitomassa de parte aérea (FSPA) do tomate-cereja ‘Laranja’ (Tabela 7). Os níveis condutividade elétrica da solução nutritiva influenciaram de forma significativa a fitomassa seca de caule (FSC) das plantas de tomate-cereja, aos 108 dias após a semeadura.

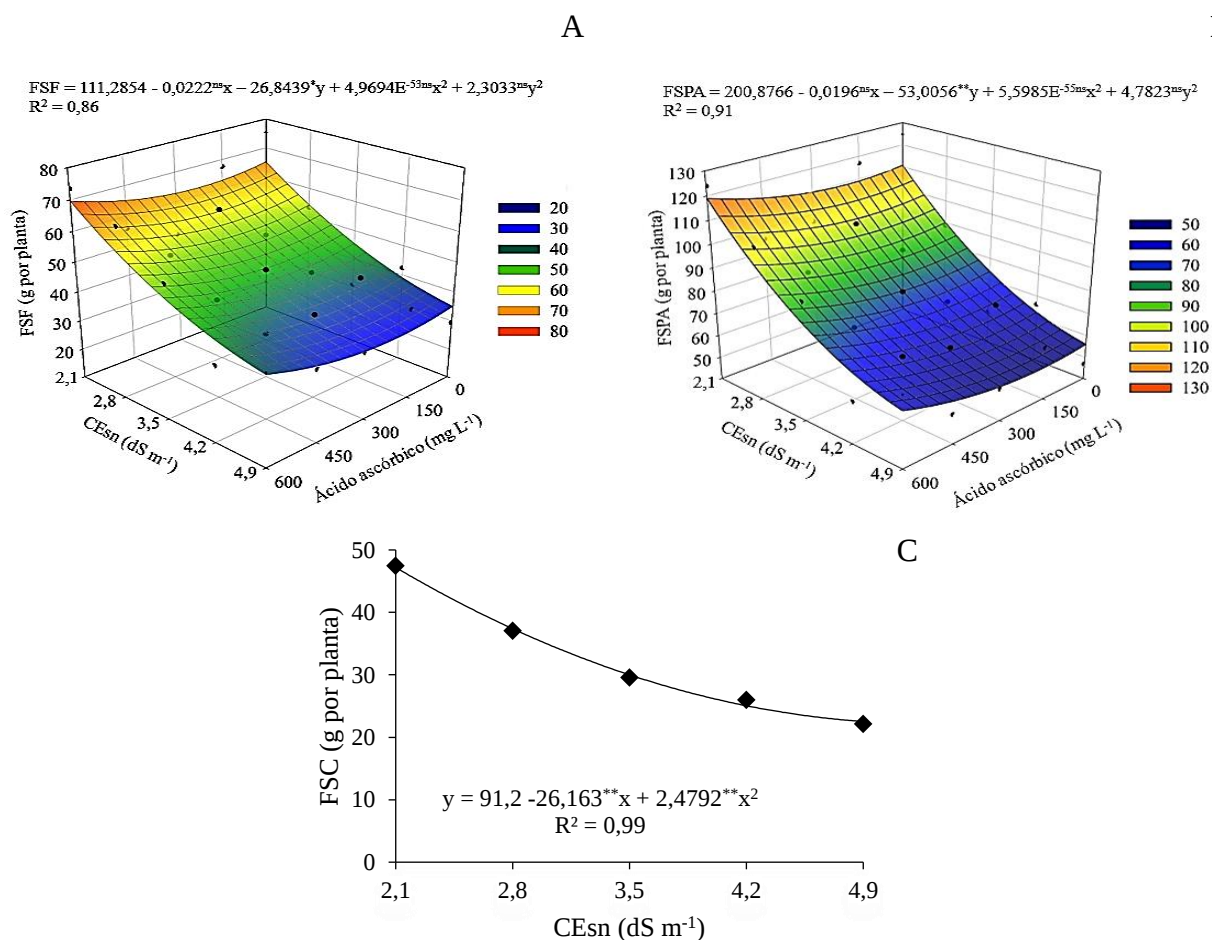
Tabela 7. Resumo das análises de variâncias para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca de caule (FSC), fitomassa seca de parte aérea (FSPA) do tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEs_n) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre os períodos 72 e 108 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		FSF	FSC	FSPA
Condutividade elétrica da solução nutritiva (CEs _n)	4	2962,53**	2011,10**	9799,18**
Regressão linear	1	11263,80**	7603,66**	37376,51**
Regressão quadrática	1	356,63 ^{ns}	413,20**	1537,57**
Ácido ascórbico (AsA)	4	260,71*	111,15 ^{ns}	656,54*
Regressão linear	1	263,58 ^{ns}	178,81 ^{ns}	876,59*
Regressão quadrática	1	350,02 ^{ns}	5,61 ^{ns}	2,16 ^{ns}
Interação (CEs _n × AsA)	16	238,53**	56,23 ^{ns}	440,49*
Blocos	3	18,31 ^{ns}	33,74 ^{ns}	98,29 ^{ns}
Resíduo	72	101,31	36,63	205,78
CV (%)		21,03	18,66	17,87

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

A fitomassa seca de folhas (Figura 8A) e da parte aérea das plantas (Figura 8B) do tomate- cereja diminuíram com o aumento dos níveis de CEs_n. Além disso, a aplicação foliar de ácido ascórbico em concentrações de até 600 mg L⁻¹ intensificaram os efeitos do estresse salino, resultando nos menores valores para FSF (21,73 g por planta) e FSPA (44,21 g por planta) nas plantas cultivadas sob CEs_n de 4,9 dS m⁻¹. Para a fitomassa seca de caule (Figura 8C), observa-se redução com o aumento dos níveis de CEs_n, em que o valor mínimo estimado (22,53 g por planta) foi obtido em plantas cultivadas sob a CEs_n de 4,9 dS m⁻¹. Essa redução pode estar relacionado aos efeitos deletérios causados pelo estresse salino, pois as altas concentrações de sais afetam negativamente os aspectos

fisiológicos da planta, promovendo alterações iônicas, osmóticas, hormonais e nutricionais, causando inibição no crescimento (SÁ et al., 2019). Em várias pesquisas já foram relatados os efeitos negativos do estresse salino em hortaliças, como observado em mini-melancia (SILVA et al., 2024), abobrinha (DANTAS et al., 2022), o pimentão (ARAGÃO et al., 2023) e em tomate-cereja (GUEDES et al., 2024). Contudo, a intensidade dos efeitos depende da espécie, sistema de condução e condições climáticas da região.



x e y - Concentração de ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs, respectivamente;

^{ns}, ^{*}, ^{**} - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 8. Fitomassa seca de folhas – FSF (A) e da parte aérea – FSPA (B) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva salobra – CEs e das concentrações de ácido ascórbico - AsA e fitomassa seca de caule – FSC (C) em função dos níveis de CEs, aos 108 dias após a semeadura.

4. CONCLUSÕES

Os níveis acima de 2,1 dS m⁻¹ da condutividade elétrica da solução nutritiva afetam negativamente os índices fisiológicos e o crescimento do tomateiro-cereja ‘Laranja’.

A aplicação foliar de ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ associadas à solução nutritiva salobra de 2,1 dS m⁻¹ proporcionam efeito benéfico na condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO₂, fluorescência variável, área foliar e altura de plantas. Em contrapartida, reduzem o conteúdo relativo de água, a fitomassa seca de folhas e da parte aérea do tomateiro-cereja ‘Laranja’.

O ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ aumenta a eficiência instantânea no uso da água, a eficiência instantânea da carboxilação, a fluorescência máxima e a síntese de clorofila *a* e *b* das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, aos 60 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agristar - Instituto de Ação Social. <https://agristar.com.br/topseed-garden/blue-line-hortalicas/tomate-cereja-laranja/1888147>. Acesso em: 09 Out. 2024.
- Aliniaiefard, S.; Hajilou, J.; Tabatabaei, S. J.; Sifi-Kalhor, M. Effects of ascorbic acid and reduced glutathione on the alleviation of salinity stress in olive plants. *International Journal of Fruit Science*, v.16, p.395–409, 2016.
- Alves, R. C. de. Ácido ascórbico como regulador da resposta antioxidante em tomateiro sob estresse salino. 2019. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Área de concentração em Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista - Unesp, Jaboticabal, 2019.
- Aragão, J.; Lima, G. S.; Lima, V. L. A.; Silva, A. R.; Santos, L. F. S.; Dias, M. S.; Arruda, T. F. L.; Souza, A. R.; Soares, L. A. A. Hydrogen peroxide in the mitigation of salt stress in bell pepper. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 44, p. 217-238, 2023.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- Caetano, E. J. M.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. S. A. de; Arruda, T. F. L. de; Souza, A. R. de; Soares, L. A. A. dos; Gheyi, H. R.; Dias, M. S. dos. Application techniques and concentrations of ascorbic acid to reduce saline stress in passion fruit. *Plants*, v.13, p.27-18, 2024.
- Chen, X.; Han, H.; Cong, Y.; Li, X.; Zhang, W.; Cui, J.; Xu, W.; Pang, S.; Liu, H. Ascorbic acid improves tomato salt tolerance by regulating ion homeostasis and proline synthesis. *Plants*, v.13, p.1672, 2024.

- Chen, X.; Han, H.; Cong, Y.; Li, X.; Zhang, W.; Wan, W.; Cui, J.; Xu, W.; Diao, M.; Liu, H. The protective effect of exogenous ascorbic acid on photosystem inhibition of tomato seedlings induced by salt stress. *Plants*, v.12, p.1379, 2023.
- Chen, X.; Jiang, Y.; Cong, Y.; Liu, X.; Yang, Q.; Xing, J.; Liu, H. Ascorbic acid mitigates salt stress in tomato seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathways. *Agronomy*, v.14, p.1810, 2024.
- Chen, X.; Zhou, Y.; Cong, Y.; Zhu, P.; Xing, J.; Cui, J.; Xu, W.; Shi, Q.; Diao, M.; Liu, H.-Y. Ascorbic acid-induced photosynthetic adaptability of processing tomatoes to salt stress probed by fast OJIP fluorescence rise. *Frontiers in Plant Science*, v.12, e594400, 2021.
- Costa, E. S. P.; Santos, C. A. dos; Rocha, M. C., M. G. F. do. Caracterização física, físico-química e morfoagronômica de acessos de tomate cereja sob cultivo orgânico. *Revista de Ciências Agrárias*, v.61, p. 1-8, 2018.
- Crizel, R. L.; Perin, E. C.; Siebeneichler, T. J.; Borowski, J. M.; Messias, R. S.; Rombaldi, C. V.; Galli, V. Absciscic acid and stress induced by salt: Effect on the phenylpropanoid, L-ascorbic acid and absciscic acid metabolism of strawberry fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.152, p.211–220, 2020.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H₂O₂ application. *Revista Caatinga*, v.35, p.436-449, 2022.
- Dantas, M. V.; Sa, V. K. N. O.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Silva, L. A.; Nobre, R. G.; Sousa, A. A. Morphophysiology of cucumber under saline nutrient solutions and salicylic acid application in hydroponic system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 29, p. e287640, 2025.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. de A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.32, p.429-439, 2019.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.628-633, 2018.
- Fatima, R. T.; Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Oliveira, V. K. N.; Soares, L. A. dos A.; Silva, A. A. R.; Gheyi, H. R.; Guedes, M. A.; Nobrega, J. S.; Fernandes, P. D.

- Salicylic acid does not relieve salt stress on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and hydroponic melon growth. *Brazilian Journal of Biology*, v. 83, e274595, 2023.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, p.529-535, 2019.
- Franca, R. J.; Leitão, M. M. V. B. R. de; Campeche, F. de S. M. Produtividade do tomate cereja em ambiente protegido e céu aberto em função das lâminas e intermitências de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, p.1364-1370, 2017.
- Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M.; Santos, D.; Matos, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, p.1006-1016, 2015.
- Gaafar, A. A.; Ali, S. I.; El-Shawadfy, M. A.; Salama, Z. A.; Şekara, A.; Ulrichs, C.; Abdelhamid, M. T. Ascorbic acid induces the increase of secondary metabolites, antioxidant activity, growth, and productivity of the common bean under water stress conditions. *Plants*, v.9, p.1-24, 2020.
- Gentilesca, T.; Battipaglia, G.; Borghetti, M.; Colangelo, M.; Altieri, S.; Ferrara, A.M.; Ripullone, F. Evaluating growth and intrinsic water-use efficiency in hardwood and conifer mixed plantations. *Trees*, v.35, p.1329–1340, 2021.
- Gonçalves, D. C.; Fernandes, C. H. dos S.; Tejo, D. P.; Vidal, T. C. M. Cultivo tomate cereja sob sistema hidropônico: Influência do turno de rega. *Uniciências*, v.22, p.20-23, 2018.
- Guedes, M. A.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Sa, V. K. N. O.; Silva, L. A.; Silva, F. J. L.; Torres, R. A. F. Aplicação foliar de H₂O₂ no cultivo hidropônico de tomate cereja sob soluções nutritivas salinas. *Water Resources and Irrigation Management*, v.13, p. 150-164, 2024.
- Guedes, M. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Silva, L. de A.; Oliveira, V. K. N.; Brito, L. A.; Silva, A. A. R. da. H₂O₂ as attenuator of salt stress on the physiology and growth of hydroponic cherry tomato. *Revista Caatinga*, v.37, e12002, 2024.
- Guimarães, M. J.; Simões, W. L.; Tabosa, J. N.; Santos, J. E. dos.; Willadino, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish-farming under semiarid conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.461-465, 2016.

- Hameed, A.; Gulzar, S.; Aziz, I.; Hussain, T.; Gul, B.; Khan, M. A. Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte. *Plants*, v.7, plv004, 2015.
- Hamidi, M.; Moghadam, H. T.; Nasri, M.; Kasraie, P.; Larijani, H. The effect of ascorbic acid and bio fertilizers on basil under drought stress. *Brazilian Journal of Biology*, v.84, e262459, 2024.
- Hassan, A.; Amjad, S. F.; Saleem, M. H.; Yasmin, H.; Imran, M.; Riaz, M.; Ali, Q.; Joyia, F. A.; Ahmed, S.; Ali, S.; Alsahli, A. A.; Alyemeni, M. N. Foliar application of ascorbic acid enhances salinity stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) through modulation of morpho-physiobiochemical attributes, ions uptake, osmo-protectants and stress response genes expression. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v.28, p.4276-4290, 2021.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural of Experimental Station Bull*, v.347, p.1-32, 1950.
- Hou, J.; Liu, X.; Zhang, J.; Wei, Z.; Ma, Y.; Wan, H.; Liu, F. Combined application of biochar and partial root-zone drying irrigation improves water relations and water use efficiency of cotton plants under salt stress. *Agricultural Water Management*, v.290, p.108584, 2023.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>. Acesso em: setembro de 2024.
- Lacerda, C. N.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. Dos A.; Arruda, T. F. L.; Silva, A. A. R.; Gheyi, Hans Raj; Dantas, M. V.; Ferreira, J. T. A. Foliar application of ascorbic acid in guava cultivation under water replacement levels. *Revista Caatinga*, v.38, e12595, 2025.
- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Souza, L. de P.; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. *Revista Ambiente e Água*, v. 13, p.1-12, 2018.
- Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, p.184-194, 2020.
- Lima, G. S. de; Souza, C. M. A.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Guedes, M. A. Gas exchanges, growth and

- production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, p. 1937-1950, 2020.
- Mendonça, A. J. T.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Sá, V. K. N. O. de; Silva, S. S. da; Torres, R. A. F.; Ferreira, J. T. A.; Gheyi, H. R. Gas exchange, photochemical efficiency and growth of hydroponic okra under salt stress and salicylic acid. *Revista Caatinga*, v.37, e12143, 2024.
- Naz, H.; Akram, N.A.; Ashraf, M. Impact of ascorbic acid on growth and some physiological attributes of cucumber (*Cucumis sativus*) plants under water-deficit conditions. *Pakistan Journal of Botany*, v.3, p.877–883, 2016.
- Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. de A.; Silva, T. I. da; Fátima, R. T. de; Ferreira, J. T. A.; Ribeiro, J. E. da S. R.; Bruno, R. de L. A. Ecophysiology of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze (Lamiaceae) under saline stress and salicylic acid. *Ciência Rural*, v.52, p.1-9, 2022.
- Oliveira, W. J.; Souza, E. R.; Santos, H. R. B.; Silva, E. F. F. E; Duarte, H. H. F.; Melo, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.12, p.2592-2603, 2018.
- Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, S. G. de .; Silva, F. A. da. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. *Revista Ciência Agronômica*, v.53, e20217816, 2022.
- Reis, L. S.; Azevedo, C. A. V. de; Albuquerque, A. W.; Junior, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.386–391, 2013.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture USDA Handbook 60. 1954. p.160.
- Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Paiva, E. P. de; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Dias, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. *Bioscience Journal*, v.35, p.211-221, 2019.
- Sachdev, S.; Ansari, S. A.; Ansari, M. I.; Fujita, M.; Hasanuzzaman, M. Abiotic stress and reactive oxygen species: generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, v.10, p.277, 2021.

- Salmon, Y.; Lintunen, A.; Dayet, A.; Chan, T.; Dewar, R.; Vesala, T.; Hölttä, T. Leaf carbon and water status control stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis in trees. *The New Phytologist*, v.226, p.690-703, 2020.
- Sausen, D.; Ferreira, C. R. L.; Lopes, S. C. D.; Marques, L. P.; Souza, A. J. M. de; Alves, E. C. G. de A.; Patrocínio, E. S. A. do; Cordeiro, K. A. S. Soilless cultivation: an alternative for marginal áreas. *Brazilian Journal of Development*, v.6, p.14888–14903, 2020.
- Schafer, G.; Lerner, B. Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. *Ornamental Horticulture*, v.28, p.181–192, 2022.
- Scotti-Campos, P.; Pham-thi, A. T.; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, p.1002-1013, 2013.
- Sharma, R.; Bhardwaj, R.; Thukral, A. K.; Al-Huqail, A. A.; Siddiqui, M. H.; Ahmad, P. Oxidative stress mitigation and initiation of antioxidant and osmoprotectant responses mediated by ascorbic acid in *Brassica juncea* L. subjected to copper (II) stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.182, e109436, 2019.
- Silva, A. F.; Sousa, V. F.; Santos, G. L.; Júnior, E. S.; Silva, S. L.; Macêdo, C. E.; Melo, A. S.; Maia, J. M. Antioxidant protection of photosynthesis in two cashew progenies under salt stress. *Journal of Agricultural Science*, v.10, p.388-404, 2018.
- Silva, F. J. L. da; Lima, G. S. de; Silva, S. S. da; Soares, L. A. dos A.; Torres, R. A. F.; Gheyi, H. R.; Silva, J. S. da; Mendonça, A. J. T.; Andrade, J. T. F.; Silva, A. A. R. da; Silva, S. T. A. de; Nóbrega, J. S.; Azevedo, C. A. V. de. Lima, V. L. A. Effect of hydrogen peroxide application on physiology, production, and post-harvest quality of mini watermelon under salt stress. *Arid Land Research and Management*, v.38, p.1–27, 2024
- Silva Júnior, G. L. A.; Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, p.11-17, 1999.
- Sullivan, C.Y. Mechanisms of heat drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In: *Sorghum in Seventies*; Rao, N.G.P., House, L.R., Eds.; Oxford and IBH Publ. Co.: New Delhi, India, 1971; 247p.

- Torres, R. A. F.; Nobrega, J. S.; Lima, G. S.; Soares, L. A. dos A.; Ferreira, J. T. A.; Dantas, M. V.; Gheyi, H. R.; Roque, I. A. Ascorbic acid as an elicitor of salt stress on the physiology and growth of guava. *Revista Caatinga*, v. 38, p. e12425, 2025.
- Wang, Y. H.; Zhang, G.; Chen, Y.; Gao, J.; Sun, Y. R.; Sun, M. F.; Chen, J. P. Exogenous application of gibberellic acid and ascorbic acid improved tolerance of okra seedlings to NaCl stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.41, e93, 2019.
- Waszczak, C.; Carmody, M.; Kangasjärvi, J. Reactive oxygen species in plant signaling. *Annual Review of plant biology*, v.69, p.209–236, 2018.
- Weatherley, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *The New Phytologist*, v.49, p.81-97, 1950.
- Yudina, L.; Sukhova, E.; Gromova, E.; Nerush, V.; Vodeneev, V.; Sukhov, V. A light-induced decrease in the photochemical reflectance index (PRI) can be used to estimate the energy-dependent component of non-photochemical quenching under heat stress and soil drought in pea, wheat, and pumpkin. *Photosynthesis Research*, v.146, p.175–187, 2020.

CAPÍTULO IV - PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE TOMATE-CEREJA CULTIVADO EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO E APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO

RESUMO

O tomateiro é considerado a segunda hortaliça mais cultivada no mundo e dentre as variedades se destaca o tomate-cereja, com frutos mais adocicados e menores do que o tomate convencional. No entanto, a produção e a qualidade pós-colheita desses frutos podem ser afetadas pelo estresse salino, quando as plantas são cultivadas com águas salobras, ou seja, com teores elevados de sais. Assim, é de suma importância a adoção de estratégias que mitiguem os efeitos do estresse salino, como a aplicação foliar de ácido ascórbico. Diante do contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido ascórbico sobre a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado em soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de casa-de-vegetação, em Campina Grande, Paraíba, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5×5 , correspondendo a cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs_n (2,1 – Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações do ácido ascórbico – AsA (0; 150; 300; 450 e 600 mg L⁻¹) com quatro repetições. Os resultados indicam que, os níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas a partir de 2,1 dS m⁻¹ reduziram os componentes de produção e os compostos fenólicos dos frutos de tomate-cereja ‘Laranja’. A solução nutritiva salobra de 4,9 dS m⁻¹ associada à aplicação do AsA na concentração de 600 mg L⁻¹ aumentaram os parâmetros de firmeza, sólidos solúveis totais e acidez total titulável. A CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ aumentou os teores de ácido ascórbico, flavonoides e antocianinas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme; cultivo em substrato; salinidade; substância não-enzimático.

PRODUCTION AND POST-HARVEST QUALITY OF CHERRY TOMATO FRUITS GROWN IN A HYDROPONIC SYSTEM WITH SUBSTRATE AND FOLIAR APPLICATION OF ASCORBIC ACID

ABSTRACT

Tomatoes are considered the second most cultivated vegetable in the world, and among the varieties, cherry tomatoes stand out, with sweeter and smaller fruits than conventional tomatoes. However, the production and postharvest quality of these fruits can be affected by saline stress when the plants are grown in brackish water, i.e., with high salt levels. Therefore, it is extremely important to adopt strategies that mitigate the effects of saline stress, such as the foliar application of ascorbic acid. Given the context, the objective of this study was to evaluate the effect of foliar application of ascorbic acid on the production and postharvest quality of 'Laranja' cherry tomato fruits grown in brackish nutrient solutions in a hydroponic system with substrate. The research was conducted under greenhouse conditions, in Campina Grande, Paraíba, using a randomized block design in a 5×5 factorial scheme, corresponding to five levels of electrical conductivity of the nutrient solution - CEs_n (2.1 - Control; 2.8; 3.5; 4.2 and 4.9 dS m⁻¹) and five concentrations of ascorbic acid - AsA (0; 150; 300; 450 and 600 mg L⁻¹) with four replicates. The results indicate that the electrical conductivity levels of the nutrient solutions from 2.1 dS m⁻¹ reduced the production components and phenolic compounds of the fruits of cherry tomato 'Laranja'. The brackish nutrient solution of 4.9 dS m⁻¹ associated with the application of AsA at a concentration of 600 mg L⁻¹ increased the parameters of firmness, total soluble solids and total titratable acidity. The EC_s_n of 4.9 dS m⁻¹ increased the contents of ascorbic acid, flavonoids and anthocyanins.

Keywords: *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme; substrate cultivation; salinity; non-enzymatic substance.

1. INTRODUÇÃO

O tomate-cereja ‘Laranja’ (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) é uma variedade com produção crescente entre os tipos de tomates, apesar de possuir um tamanho menor do que os tomates tradicionais, é um ingrediente versátil na gastronomia moderna, com alto teor de antioxidantes e confere sabor mais adocicado, o que o torna mais palatável (GONÇALVES et al., 2018), por isso, é grande a procura pelos consumidores, alcançando preços compensadores no mercado (ROQUE et al., 2022). A produção nacional de tomate totalizou 4.166.017 toneladas, sendo a região Nordeste responsável por 16,9%, que equivale a 704.424 toneladas (IBGE, 2024).

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada pela escassez de recursos hídricos tanto em qualidade quanto em quantidade, com irregularidade de chuvas e altos índices de evapotranspiração (NÓBREGA et al., 2024). Portanto, o uso da irrigação é uma necessidade para os produtores, que em muitos casos, usam águas com elevados teores de sais dissolvidos, o que compromete a produção das culturas (ANDRADE et al., 2022). Pois, o excesso de sais dissolvidos na água pode induzir estresses de natureza osmótica, iônica e oxidativo, afetando diretamente a produção e a qualidade pós-colheita de frutos (WANG et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2023; CHEN et al., 2023).

Diante do cenário mencionado, o cultivo hidropônico em substrato surge como uma alternativa para viabilizar o uso de água salobra, pois, ele pode reduzir os efeitos do estresse salino nas plantas, pela ausência de potencial mátrico (SAUSEN et al., 2020), além de consumir menos água do que o sistema convencional, por fazer uso de solução nutritiva em conjunto com substrato sólido inerte, permitindo maior tempo de umidade nos vasos, sendo eficiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas (WENDLING, 2005).

Na literatura, vários estudos abordam os efeitos do estresse salino na produção e qualidade pós-colheita em diferentes culturas, dentre elas o tomate-cereja. Nóbrega et al. (2024), em pesquisa com o tomateiro-cereja sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) verificaram que, CEa a partir de 1,41 dS m⁻¹ reduzem a produção. Resultados semelhantes também foram encontrados por Roque et al. (2022), os níveis de CEa a partir de 0,3 dS m⁻¹ diminuem os componentes de produção de plantas de tomateiro sob níveis crescentes de CEa (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹). No entanto, Martínez et al. (2020), após avaliação da qualidade pós-colheita dos

frutos de tomate-cereja sob estresse salino, verificaram que houve aumento nos teores de sólidos solúveis totais, de licopeno e da acidez titulável em função do estresse salino. Vale salientar que, os aspectos físico-químicos estão diretamente ligados a qualidade e aceitabilidade do produto pelos consumidores, uma vez que, são aspectos que interferem diretamente no gosto e vida útil dos tomates.

A indução de tolerância das culturas ao estresse salino, por meio da aplicação foliar de ácido ascórbico- AsA, pode permitir o uso de águas salobras em cultivos hidropônicos em substrato (CAETANO et al., 2024; CHEN et al., 2024). O AsA é uma molécula antioxidante essencial para as plantas, capaz de eliminar diretamente espécies reativas de oxigênio (EROs), como oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), oxigênio molecular (O_2) e radical hidroxila ($-\text{OH}$). Ele também participa da regeneração da vitamina E e também como um cofator da enzima ascorbato peroxidase (APX), desempenhando um papel crucial nos mecanismos de defesa antioxidante da planta (KAMRAN et al., 2023). Além de poder promover aumento na produção das plantas em condições normais e de estresse, resultando em maiores benefícios econômicos (CELI et al., 2022).

Em suma, considerando que o estresse salino é um dos principais fatores limitantes para a produção e qualidade de frutos de tomate-cereja e que a aplicação foliar de ácido ascórbico pode ser uma estratégia viável para o cultivo desta olerícola. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de AsA na produção e qualidade pós-colheita de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado em soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Campina Grande, Paraíba, em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEE da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, situada pelas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude S, 35°52'28'' de longitude W e altitude média de 550 m. O clima na região é classificado como As, tropical chuvoso com verão seco, de acordo com a classificação climática de Köppen e Thornthwaite, adaptada para o Estado da Paraíba (FRANCISCO et al., 2015). A estrutura da casa de vegetação em formato de arco, com cobertura feita de polietileno transparente de baixa densidade, com espessura de 150 μm , e as laterais revestidas com tela de sombreamento com 80%. No período de 12 de abril a 29 de julho de 2024, as temperaturas, máxima e mínima, e a umidade relativa do

ar média foram registradas diariamente com o uso de um termo-higrômetro digital instalado dentro da casa de vegetação (Figura 1).

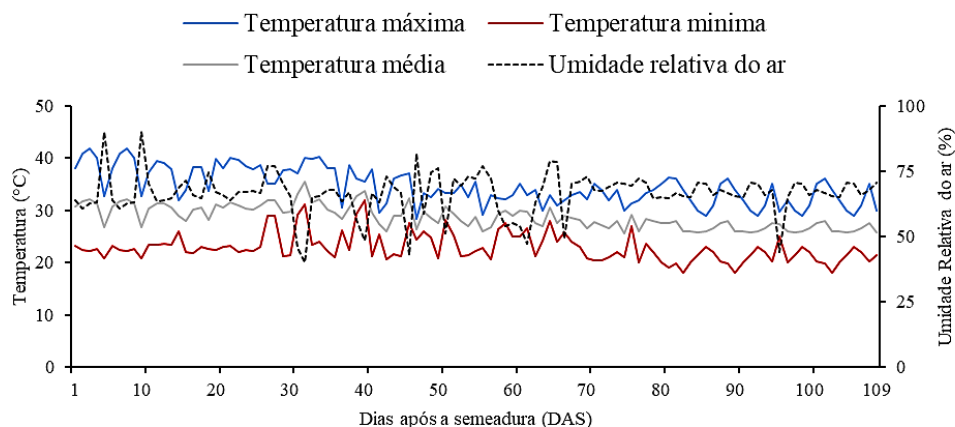


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa do ar média da área interna da casa de vegetação durante o período 12 de abril e 29 de julho de 2024.

No presente estudo foram estudados cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (2,1-Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações de ácido ascórbico - AsA (0; 150; 300; 400 e 600 mg L⁻¹), distribuídos em um delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 × 5, com quatro repetições e cada parcela constituída de uma planta. Os níveis da solução nutritiva foram estabelecidos e adaptados a partir do estudo realizado por Guedes et al. (2024), em pesquisa com o tomate-cereja em sistema hidropônico tipo NFT, enquanto as concentrações de ácido ascórbico foram adaptadas com base em pesquisa desenvolvida por Gaafar et al. (2020).

Para pesquisa foram escolhidas as sementes de tomate-cereja ‘Laranja’ da Topseed Garden®, que é resistente à murcha do *fusarium* e nematoides (AGRISTAR, 2023). Essa cultivar possui ciclo em torno de 90 dias com crescimento determinado, os frutos apresentam comprimento e diâmetro variando entre 20 e 25 mm.

O sistema hidropônico com substrato foi utilizado para o cultivo das plantas, sendo instalado em vasos com capacidade de 10 L. A base de cada vaso foi perfurada para conectar um dreno de 10 mm de diâmetro, inserido um arame com 15 cm de comprimento no dreno para fixá-lo no vaso. Uma garrafa plástica com capacidade de 2 L foi utilizada para a coleta, a recirculação, o monitoramento da CE e pH das soluções nutritivas drenadas e também estimar o consumo hídrico das plantas (Tabela 1). Na parte interna dos vasos, sobre as saídas dos drenos, foi colocada uma manta geotêxtil não tecida

(Bidim). Em seguida, os vasos foram preenchidos com 13 kg de areia lavada, nº 0, em um espaçamento 0,6 x 1,0 m entre plantas e fileiras, respectivamente.

Tabela 6. Consumo hídrico de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn).

CEsn (dS m ⁻¹)	Consumo hídrico (L por planta)
2,1	134,60
2,8	128,70
3,5	71,60
4,2	64,81
4,9	61,86

O semeio ocorreu diretamente nos vasos, utilizando 3 sementes distribuídas de forma equidistante, com espaçamento de 5 cm e profundidade média de 2 cm. Aos 33 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste, quando apresentaram um par de folhas verdadeiras, continuando no vaso apenas a que apresentou maior vigor. A condução das plantas foi realizada por tutoramento vertical, de maneira a conduzir a haste principal.

Antes do manuseio das soluções nutritivas, o substrato foi irrigado com água do abastecimento local (CEa 0,4 dS m⁻¹) para germinação das sementes e emergência das plântulas até os 13 DAS. Logo após, a solução nutritiva foi preparada de acordo com a recomendação de Hoagland e Arnon (1950), contendo N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe nas concentrações de 210, 31, 234, 200, 48, 64, 0,5, 0,5, 0,05, 0,02, 0,01 e 5 mg L⁻¹, respectivamente. O processo se deu a partir da diluição da solução estoque, que continha os macros e micronutrientes, na água de abastecimento local (CEa 0,4 dS m⁻¹), resultando em uma condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,1 dS m⁻¹. Na formação de mudas, elas receberam solução nutritiva com 50% da recomendação, com início aos 14 dias após a semeadura (DAS), a partir dos 23 DAS foi fornecida a solução nutritiva completa (100% da recomendação). As quantidades e os fertilizantes utilizados estão dispostos na Tabela 2. O pH da solução nutritiva manteve-se entre 5,5 e 6,5, pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl).

Tabela 2. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva, conforme Hoagland e Arnon (1950)*.

Nutrientes	Fontes	Unidade	Quantidade – 1 L	Solução estoque (100%) – mL L ⁻¹
Macronutrientes				

K/P	(KH ₂ PO ₄)	g	136,09	1
K/N	(KNO ₃)	g	101,10	1
Ca/N	(Ca (NO ₃) ₂ 4H ₂ O)	g	236,15	5
Mg	(MgSO ₄ 7H ₂ O)	g	246,49	2
Micronutrientes				
B	(H ₃ BO ₃)	g	3,10	1
Mn	(MnSO ₄ H ₂ O)	g	1,70	1
Zn	(ZnSO ₄ 7H ₂ O)	g	0,22	1
Cu	(CuSO ₄ 5H ₂ O)	g	0,75	1
Mo	(NH ₄ Mo ₇ O ₂₄ H ₂ O)	g	1,25	1
Fe	(FeSO ₄)	g	13,9	1
-	EDTA - Na	g	13,9	

*Solução contém seguinte composição em mg L⁻¹: N - 210; P - 31; K - 234 Ca - 200; Mg - 48; S - 64; B - 0,5; Mn - 0,5; Zn - 0,05; Cu - 0,02; Mo - 0,01; e Fe - 5.

As soluções nutritivas salobras foram preparadas mediante adição de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O), mantendo a proporção equivalente de 7:2:1 entre Na, Ca e Mg, respectivamente. Os diferentes níveis de CEs_n, foram obtidos considerando a relação entre CEs_n e a concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Eq. 1.

$$C(\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}) = 10 \times \text{Ces}_n \quad (1)$$

Em que:

C = Concentração de sais a ser aplicado (mmol_c L⁻¹); e,

CEs_n = Condutividade elétrica da solução nutritiva descontado CEs_n testemunha (dS m⁻¹).

A recirculação da solução nutritiva ocorreu 72h após a aplicação do ácido ascórbico (31 DAS), manualmente duas vezes ao dia, manhã (9h) e tarde (15h). Previamente a cada evento de recirculação, foi coletada a solução nutritiva drenada e registrado o volume drenado, utilizado para estimar o consumo hídrico das plantas. Quando a solução drenada se esgotava, uma nova solução nutritiva aplicada. As diferentes concentrações de soluções nutritivas salobras, após preparadas, foram armazenadas em recipientes com capacidade para 200 L.

O preparo das concentrações do ácido ascórbico se deu pela dissolução de quantidade adequada, conforme tratamento, em água destilada, sendo realizado no dia de cada aplicação, por ser um composto altamente volátil. As aplicações foram iniciadas 72h antes de aplicação de soluções nutritivas salobras (28 DAS). Posteriormente, as aplicações foram realizadas a cada 10 dias até o início da fase de frutificação, totalizando três aplicações. As aplicações foliares foram feitas com o auxílio de pulverizador manual, pulverizando as duas faces das folhas, de modo a se obter o molhamento completo. Nas soluções de pulverização foi adicionado um surfactante (Tween 20 a 0,025%), para quebrar a tensão superficial da água e favorecer a penetração do ácido ascórbico nas folhas. No momento das aplicações de AsA, as plantas foram isoladas com estrutura plástica para evitar a deriva das soluções para as plantas de outros tratamentos vizinhos. Durante a condução do experimento foi utilizado um volume médio de 108 mL da solução por planta.

O controle fitossanitário foi efetuado durante a condução do experimento, com o uso de defensivos químicos, sendo feitas aplicações de inseticidas, rotacionando os princípios ativos como Deltametrina, Tiametoxam e Imidacloprido, para o controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B) e larva-minadora (*Liriomyza* spp.). De modo preventivo, foi utilizado fungicida, como Tiofanato-metilico.

Os frutos foram colhidos entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura, quando apresentavam a coloração laranja, característica de frutos maduros da cultivar. Com relação à produção, determinou-se a produção total por planta por meio de uma balança digital e os resultados expressos em g por planta, o peso médio de frutos, obtido pela razão entre a produção total e o número de frutos, os resultados expressos em g e o número de frutos e cachos por planta foram contabilizados mediante contagem direta.

A caracterização física dos frutos ocorreu a partir da obtenção dos diâmetros polar e equatorial e da firmeza. Para a determinação dos diâmetros (polar e equatorial), foram avaliados 20 frutos por tratamento, com ajuda de um paquímetro digital, sendo os resultados expressos em mm. A firmeza dos frutos foi determinada com o auxílio de um penetrômetro (Multicort) com intervalo de 0,4 a 30 kgf cm⁻², perfurando 5 frutos por tratamento.

Os sólidos solúveis totais foram verificados a partir de uma amostra de 100 g de polpa de frutos triturados, em seguida extraiu-se duas gotas e com o auxílio de um refratômetro manual modelo ATC foi possível identificar o °Brix.

Para a quantificação da porcentagem de acidez total titulável, foi empregada a Eq. 2, conforme descrito no IAL (2008), com pesagem de 3 g da amostra em um erlenmeyer de 125 mL, com adição de 50 mL de água destilada e duas gotas do indicador fenolftaleína. O titulante utilizado foi o hidróxido de sódio a 0,1 M.

$$\text{Acidez total titulável} \left(\frac{\text{g}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{(V \times f \times N \times 64,04)}{(10 \times P)} \quad (2)$$

Em que:

V - Volume da solução de NaOH (0,1 M) utilizado na titulação (mL);

F - Fator de correção da solução titulante;

N - Normalidade da solução de NaOH (0,1 M);

64,04 - Fator do ácido cítrico; e,

P - Massa de amostra utilizada (g).

O índice de maturação foi obtido pela razão entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável. A determinação do pH realizada mediante pesagem de 3 g da amostra em um béquer de 100 mL e adição de 50 mL de água destilada. Com auxílio de um bastão de vidro, a mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 15 minutos. Em seguida, foi efetuada a leitura com a inserção do eletrodo na amostra diluída, registrando o valor após a estabilização do pHmetro (IAL, 2008).

O teor de ácido ascórbico foi obtido utilizando 1 g da amostra em um Erlenmeyer de 250 mL com adição de 50 mL da solução de ácido oxálico a 0,5%. A mistura foi homogeneizada com o agitador Vortex® (Warmnest). A titulação foi conduzida usando a solução de 2,6-diclorofenolindofenol (DFI) até a observação persistente de uma coloração rosada. Para a quantificação do ácido ascórbico na amostra, foi aplicada a Equação 3 (STROHECKER e HENNING, 1967; BENASSI e ANTUNES, 1998).

$$\text{Ácido ascórbico} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{(V \times F \times 100)}{P_a} \quad (3)$$

Em que:

V - Volume de DFI utilizado na titulação, (mL);

F - Fator da solução DFI; e,

P_a - Massa da amostra (g).

Para a obtenção de açúcares redutores, foi empregado o método do ácido dinitrosalicílico (DNS). Inicialmente, com a pesagem de 1 g de amostra, que foi macerada com água destilada com um almofariz e pistilo. Em seguida, a mistura passou para um balão volumétrico de 50 mL e completada com água destilada, repousando por 30 minutos. Após esse período, os extratos foram filtrados com papel filtro. Em tubos de vidro rosqueáveis, foi adicionada uma alíquota de 500 µL (com base em pré-testes) e 500 µL de DNS, para então serem agitados e levados em banho-maria a 100 °C por 15 minutos. Após o processo, os tubos foram resfriados e adicionados 4 mL de água destilada, completando o volume total para 5 mL. A leitura foi feita em um espectrofotômetro (SP 2000 UV) a um comprimento de onda de 540 nm (VASCONCELOS et al., 2013).

A avaliação dos flavonoides e as antocianinas seguiu de acordo com metodologia de Francis (1982), com pesagem de aproximadamente 1 g da amostra e em seguida adição de 10 mL de solução extratora etanol 95%/HCl 1,5 N na proporção de 85:15. As amostras foram homogeneizadas e maceradas por 1 min, depois transferidas para um tubo envolto em papel alumínio, ficando em repouso por 24 horas. A absorbância da solução final produzida foi obtida em espectrofotômetro a 374 nm e 535nm.

Os compostos fenólicos foram obtidos por meio de extratos preparados com 1 g da amostra, macerada com água destilada usando um almofariz e pistilo, e transferida para um balão volumétrico de 50 mL, com adição de água destilada para completar. Em seguida, a mistura foi deixada em repouso por 30 minutos e os extratos foram filtrados com papel filtro. Em cada tubo foi adicionado 900 µL da amostra, 1,225 µL de água destilada e 125 µL de Folin Ciocalteu®. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 5 minutos. Posteriormente, foi adicionado 250 µL de carbonato de sódio a 20%, seguido de nova agitação, para então serem colocados em banho-maria (SL 150/10) a 40 °C por 30 minutos. Após o resfriamento, a leitura foi realizada em um espectrofotômetro (SP 2000 UV) a um comprimento de onda de 765 nm (WATERHOUSE, 2006).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e pela análise de variância pelo teste 'F' em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Para os níveis de solução nutritiva salobras e concentrações de ácido ascórbico realizou-se análise de regressão polinomial, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL versão 5.7 (FERREIRA, 2019). Para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEsn × AsA) foi utilizado o software SigmaPlot®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva influenciaram, significativamente, a produção total (PT), o peso médio de frutos (PMF), o número de cachos (NC), o número de frutos (NFR), o diâmetro polar (DP) e o diâmetro equatorial (DE) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ entre o período de 72 aos 108 DAS (Tabela 3). No entanto, não houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEsn×AsA), bem como para as concentrações do AsA, de forma isolada sobre as variáveis estudadas.

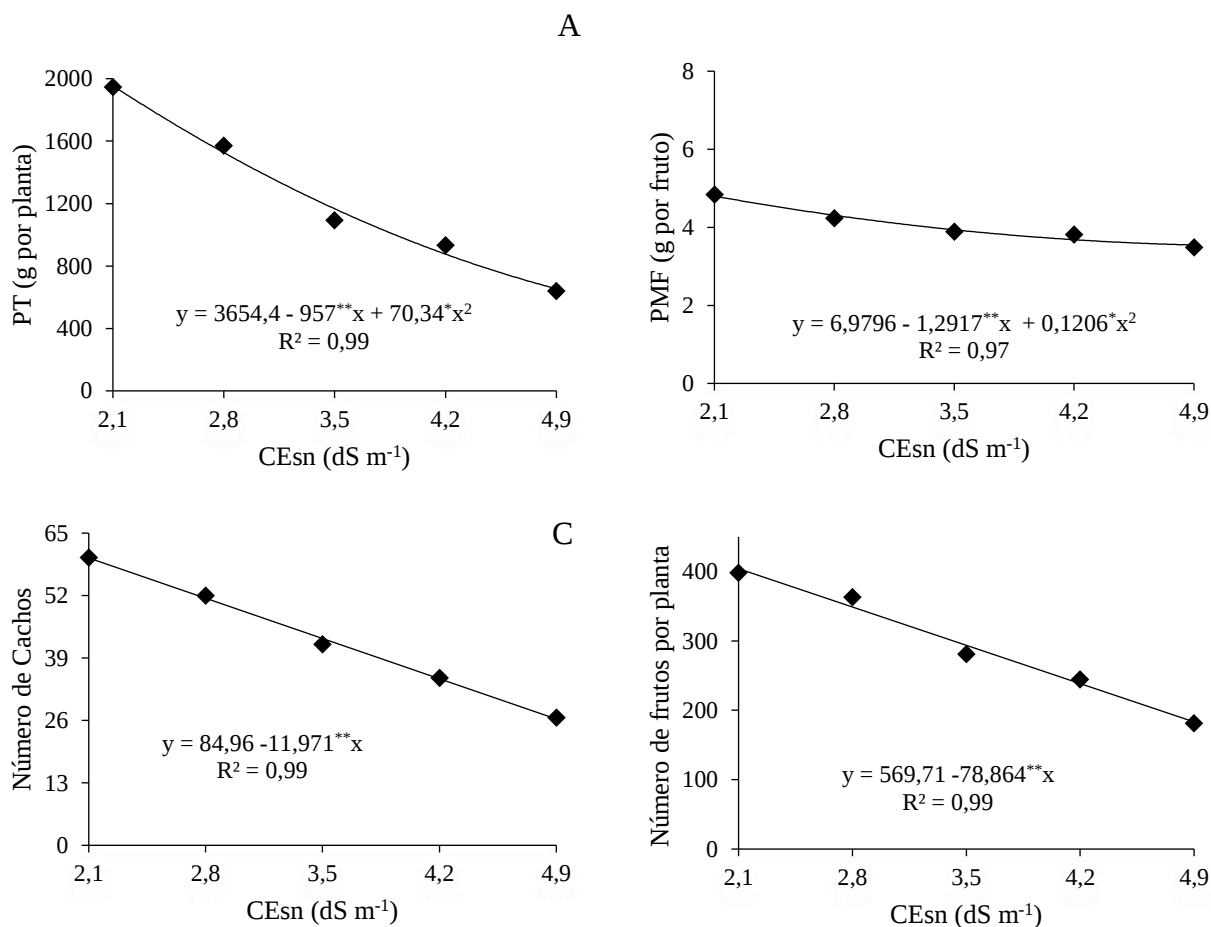
Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para a produção total (PT), peso médio de frutos (PMF), o número de cachos (NC), o número de frutos (NFR), o diâmetro polar (DP) e o diâmetro equatorial (DE) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre o período de 72 e 108 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		PT	PMF	NC	NFR	DP	DE
Níveis de solução nutritiva (CEsn)	4	5426576,42**	5,3012**	3520,88**	154577,94**	52,9045**	95,862**
Regressão linear	1	21155649,94**	19,6119**	14044,88**	609518,40**	186,747**	351,098**
Regressão quadrática	1	332621,48*	0,9782*	8,93 ^{ns}	150,09 ^{ns}	16,835**	27,462**
Ácido ascórbico (AsA)	4	102896,82 ^{ns}	0,0420 ^{ns}	150,21 ^{ns}	4328,31 ^{ns}	0,3280 ^{ns}	1,083 ^{ns}
Regressão linear	1	4804,09 ^{ns}	0,1072 ^{ns}	136,12 ^{ns}	6555,12 ^{ns}	0,8115 ^{ns}	1,654 ^{ns}
Regressão quadrática	1	167600,58 ^{ns}	0,0212 ^{ns}	225,003 ^{ns}	130074,02 ^{ns}	0,2286 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Interação (CEsn × AsA)	16	59568,68 ^{ns}	0,2792 ^{ns}	204,86 ^{ns}	2668,73 ^{ns}	0,4924 ^{ns}	1,672 ^{ns}
Blocos	3	112677,83 ^{ns}	0,9119 ^{ns}	1989,77 ^{ns}	1563,55 ^{ns}	1,9993 ^{ns}	2,473 ^{ns}
Resíduo	72	83852,47	0,2110	206,42	3192,17	0,5658	1,3072
CV (%)		23,44	11,33	33,37	19,24	3,40	5,30

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (^{ns}) não significativo.

A produção total – PT e o peso médio de frutos – PMF de tomate-cereja reduziram com o aumento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 2A e 2B), cujos maiores valores estimados foram de 1954,9 g por planta e 4,80 g por fruto, respectivamente, alcançados pelas plantas cultivadas sob o menor nível da solução nutritiva (CEsn 2,1 dS m⁻¹). Em análise comparatória com as plantas cultivadas sob a maior CEsn (4,9 dS m⁻¹), tiveram reduções de 66,55% (1.300,94 g por planta) e 26,11% (1,25 g) na PT e PMF, respectivamente, em relação ao menor nível (2,1 dS m⁻¹). Embora os níveis de solução nutritiva reduzam a produção e o peso médio de frutos, observa-se no presente estudo que as soluções de até 3,5 dS m⁻¹, podem viabilizar o uso de águas

salobras em cultivo hidropônico com substrato, uma vez que, a produção se encontra em parâmetros viáveis para o produtor.



*, ** - significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

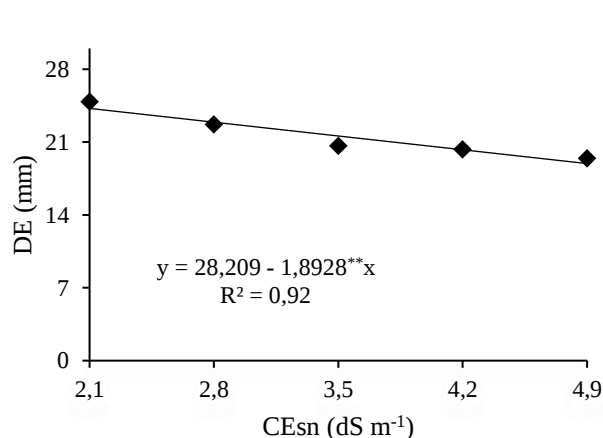
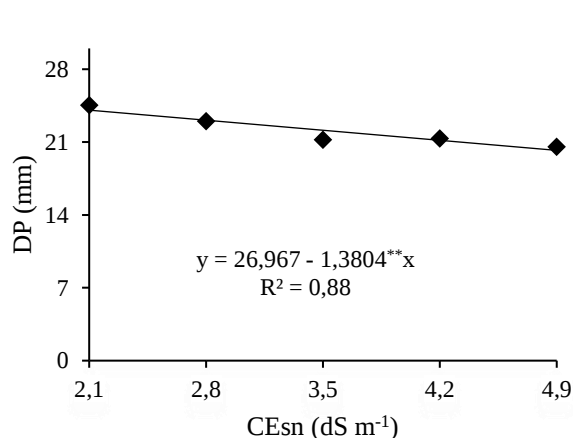
Figura 2. Produção total – PT (A), peso médio de frutos – PMF (B), número de cachos – NC (C) e número de frutos – NFR (D) de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.

Para o número de cachos por planta (Figura 2C) observa-se redução linear, com decréscimo de 14,09% por incremento unitário na CESn. Ao comparar as plantas submetidas à CESn de 2,1 dS m⁻¹ com as cultivadas sob CESn de 4,9 dS m⁻¹, o decréscimo foi de 56,03% (34 cachos) no NC, sendo que na CESn de 2,1 dS m⁻¹ as plantas obtiveram 60 cachos e com a CESn de 4,9 dS m⁻¹ reduziu para 27 cachos. Em condições de estresse salino, ocorre uma diminuição sistêmica de energia na planta em decorrência de reduções na área foliar, na taxa fotossintética e pela sua redistribuição para mecanismos de defesa e tolerância ao estresse (LIANG et al., 2022). Assim, as reduções da PT, PMF e do NC

podem ser explicadas pelos efeitos do estresse salino, que ocasionam danos às plantas ao provocar distúrbios nos processos fisiológicos e metabólicos, comprometendo os componentes de produção (ZHAO et al., 2023). Roque et al. (2022) em estudo com a cultivar 'Cereja Vermelho' sob salinidade da água variando de 0,3 a 4,3 dS m⁻¹ também observaram que a partir de 0,3 dS m⁻¹, os componentes de produção reduziram.

O número de frutos das plantas de tomateiro reduziu linearmente em função do aumento da CEs_n (Figura 2D). A maior produção de frutos por planta (404 frutos por planta) foi alcançada sob CEs_n de 2,1 dS m⁻¹, ao comparar as plantas submetidas à CEs_n de 4,9 dS m⁻¹ em relação às que receberam 2,1 dS m⁻¹, a redução de 54,65 % (221 frutos por planta). A imposição do estresse salino em estágio de desenvolvimento em que as plantas são sensíveis, como a floração, pode levar à redução do pegamento de frutos pela indução no abortamento de flores (SANTOS et al., 2016). Roque et al. (2022), também verificaram reduções nos números de frutos de tomate-cereja em plantas cultivadas sob estresse salino em sistema de solo, em que, a irrigação com água de 1,3 dS m⁻¹ proporcionou um valor máximo de 158,15 frutos por planta, e incrementos na CE a partir desse valor reduziram a produção.

O diâmetro polar – DP (Figura 3A) e equatorial – DE (Figura 3B) dos frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ decresceram linearmente com o aumento nos níveis de CEs_n, valores de 5,12% e 6,71% no DP e DE, respectivamente, por incremento unitário nos níveis de CEs_n. Assim, os maiores diâmetros foram de DP (24,06 mm) e DE (24,23 mm), das plantas cultivadas com solução nutritiva de CE 2,1 dS m⁻¹. De acordo Fernandes et al. (2007), os frutos do presente estudo são classificados em pequenos, uma vez que, os diâmetros são menores que 25 mm.



** - significativo em $p \leq 0,01$ pelo teste F.

Figura 3. Diâmetro polar – DP (A) e diâmetro equatorial – DE (B) de frutos tomate-cereja ‘Laranja’, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.

O excesso de sais na solução nutritiva, promove o efeito osmótico, afetando de forma negativa a absorção de água e nutrientes pelas plantas (SKIDER et al., 2020), fato que pode ter implicado em reduções no DP e DE, como no presente estudo e verificado por Guedes et al. (2023), ao cultivarem o tomate-cereja em sistema hidropônico sob diferentes níveis de CEs_n (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m⁻¹) e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (0, 12, 24, 36, 48 µM), os níveis de salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹, também, afetou negativamente o diâmetro polar e equatorial dos frutos.

Houve efeito significativo na interação entre os fatores (CEs_n×AsA) houve efeito significativo sobre a firmeza (FIRM), os sólidos solúveis totais (SST), a acidez total titulável (ATT) e o ácido ascórbico (AA) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ aos 108 DAS (Tabela 4). O índice de maturação e pH não tiveram efeitos significativos das fontes de variação testadas.

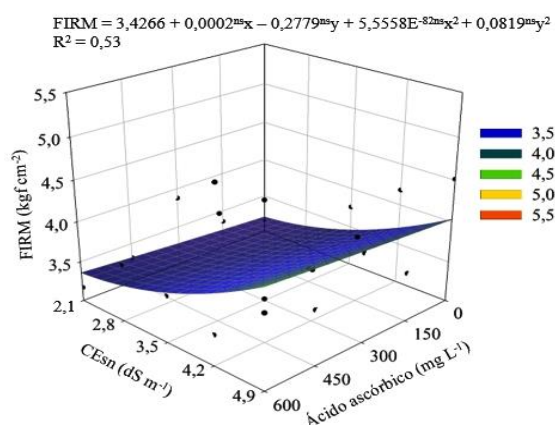
Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para firmeza – FIRM, sólidos solúveis totais –SST, acidez total titulável – ATT, índice de maturação – IM, potencial hidrogeniônico – pH e ácido ascórbico – AA de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras (CEs_n) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		FIRM	SST	ATT	IM	pH	AA
Níveis de solução nutritiva (CEs _n)	4	2,3801**	18,8**	0,001784**	0,0881 ^{ns}	0,046 ^{ns}	1,6172**
Regressão linear	1	8,5615**	58,32 ^{ns}	0,003135**	0,1479 ^{ns}	0,002 ^{ns}	5,6558**
Regressão quadrática	1	0,4512 ^{ns}	16,51 ^{ns}	0,002390**	0,0133 ^{ns}	0,0232 ^{ns}	0,6045**
Ácido ascórbico (AsA)	4	0,1835 ^{ns}	0,4**	0,000592**	0,0657 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,0762 ^{ns}
Regressão linear	1	0,3049 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,001546**	0,1052 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0081 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,0004 ^{ns}	0,9143 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	0,0082 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	0,2470*
Interação (CEs _n × AsA)	16	1,4250**	1,2**	0,000259**	0,0757 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,4843**
Blocos	3	0,2362 ^{ns}	1 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,1644 ^{ns}
Resíduo	72	0,1592	1	0,0687	0,0021	0,0001	0,0521
CV (%)		11,04	0	3,29	4,44	0,31	8,68

GL – Grau de liberdade; CV (%) – Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (^{ns}) não significativo.

Para a firmeza – FIRM de frutos de tomate-cereja (Figura 4), as plantas cultivadas sob a salinidade de 4,9 dS m⁻¹ e que receberam a pulverização do AsA na concentração

de 600 mg L⁻¹ obtiveram o maior valor (4,15 kgf cm⁻²), um aumento de 29,57%, do que aquelas irrigadas sob CEsn de 2,1 dS m⁻¹ e sem a pulverização do AsA (0 mg L⁻¹), que obtiveram um valor de 3,20 kgf cm⁻². Portanto, a pulverização de 600 mg L⁻¹ associada à CEsn de 4,9 dS m⁻¹ podem favorecer maior firmeza. Esse parâmetro é fundamental para o transporte dos frutos, pois, influencia diretamente na resistência contra choques mecânicos, garantindo maior longevidade nas prateleiras (VIANA et al., 2015).

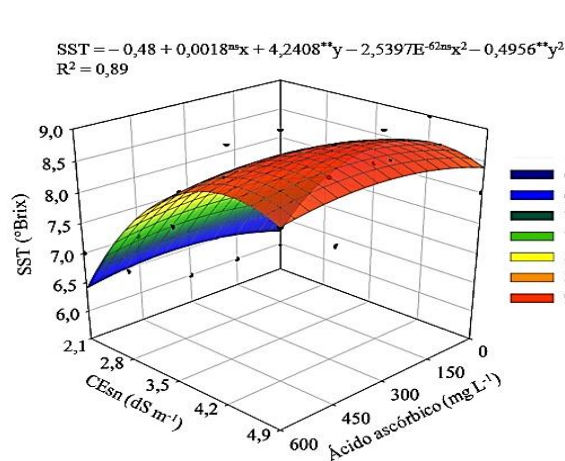


x e y - Concentração do ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn respectivamente;

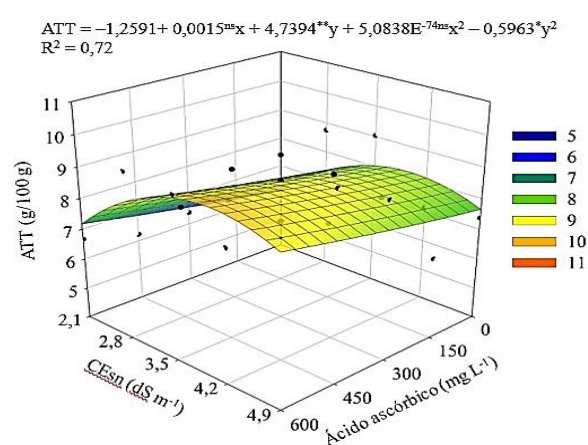
^{ns} - não significativo pelo teste F.

Figura 4. Firmeza – FIRM de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e as concentrações do ácido ascórbico - AsA, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.

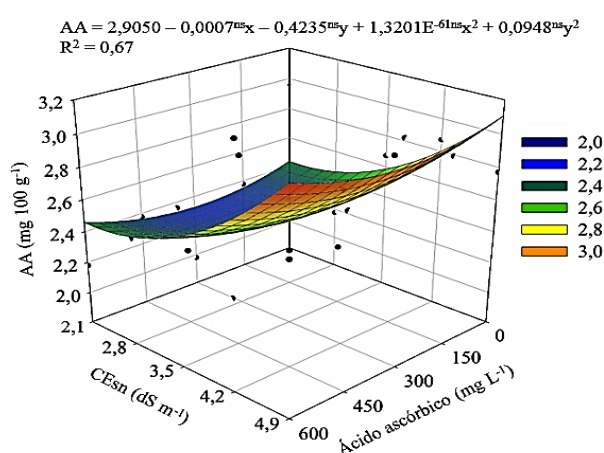
Os sólidos solúveis totais – SST e a acidez total titulável – ATT aumentaram com os níveis de CEsn e as concentrações do AsA (Figuras 5A e 5B). A pulverização de 600 mg L⁻¹ junto com a irrigação com a CEsn de 4,9 dS m⁻¹ alcançaram os maiores valores de SST (9 °Brix) e ATT (8,54 g 100 g⁻¹) nos frutos, um aumento de 6,66% e 10,53%, respectivamente, do que aquelas irrigadas com o mesmo nível salino (CEsn 4,9 dS m⁻¹) e sem aplicação do ácido (0 mg L⁻¹). Sob condições de estresse salino, é normal a elevação nos teores de sólidos solúveis e de acidez, também considerado como mecanismo de defesa das plantas. O padrão de qualidade recomendado para frutos de tomate, segundo Brasil (2018), é desejável valores acima 5 °Brix (SST) e 4 g 100g⁻¹ (ATT). Desse modo, os frutos produzidos por plantas cultivadas no maior nível salino (4,9 dS m⁻¹) e com a concentração de 600 mg L⁻¹ do AsA alcançaram valores desejados para SST e ATT.



A



B



C

x e y - Concentração do ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs, respectivamente;

^{ns}, ^{*}, ^{**} - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 5. Sólidos solúveis totais – SST (A), acidez total titulável– ATT (B) e ácido ascórbico – AA (C) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs e concentrações do ácido ascórbico - AsA, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.

Os teores de ácido ascórbico – AA dos frutos de tomate-cereja aumentaram de acordo com o incremento dos níveis de CEs e reduziram em função das concentrações do AsA (Figura 5C). O maior valor estimado de AA ($3,10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foi obtido nos frutos das plantas submetidas à CEs de $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ e sem aplicação do ácido (0 mg L^{-1}), o valor mínimo de AA ($2,01 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foi encontrado nos frutos das plantas sob CEs de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ e pulverizadas com a concentração de 600 mg L^{-1} . Dessa forma, os níveis de salinidade da solução nutritiva de até $4,9 \text{ dS m}^{-1}$, podem potencializar o teor de AA nos frutos, o que é desejável. O ácido ascórbico é uma das vitaminas mais importantes para a

nutrição humana, sendo que mais de 90% advém de frutas e vegetais (LEE e KADER, 2020). Além de ser um importante antioxidante hidrofílico capaz de eliminar radicais livres (ZAMUZ et al. 2021). O aumento nos teores de AA também foi relatado por Silva et al. (2024) no cultivo convencional de mini-melancia sob estresse salino (CEa - 0,3; 1,0; 1,7; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹) e aplicação de peróxido de hidrogênio (0, 20, 40 e 60 µM), os pesquisadores observaram que as irrigações com águas de condutividade elétrica a partir de 1,2 dS m⁻¹ elevaram os teores de vitamina C.

Na interação entre os fatores (CEsn×AsA) verifica-se efeito significativo nos teores de flavonoides (FLV) e antocianinas (ANT) dos frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ (Tabela 5). Os níveis de CEsn influenciaram nos teores de compostos fenólicos (CF) dos frutos de tomate-cereja, aos 108 DAS. No entanto, sem efeito significativo das fontes de variação sobre os teores de açúcares redutores (AÇR).

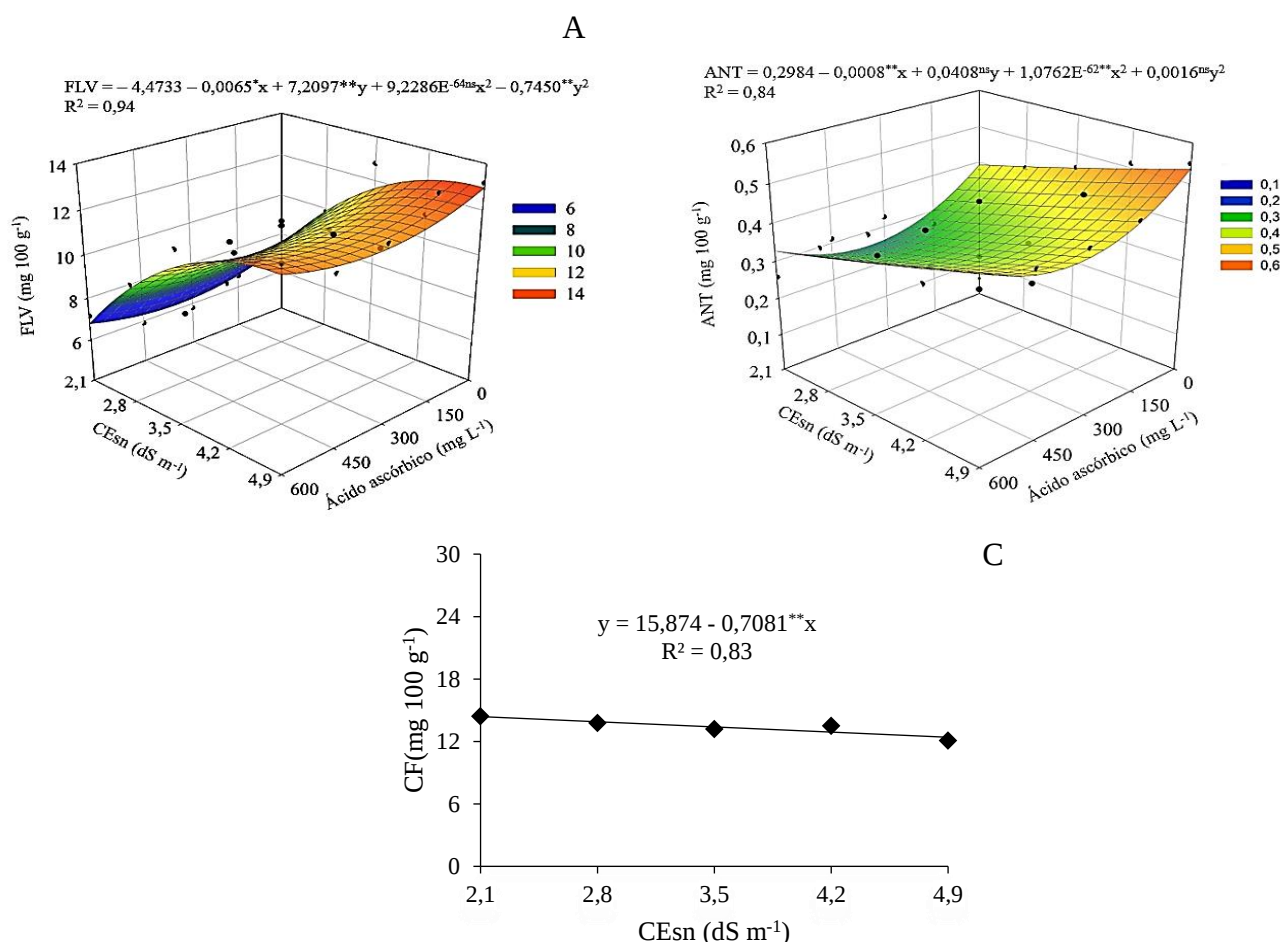
Tabela 5. Resumo da análise de variância para açúcares redutores – AÇR, flavonoides – FLV, antocianinas – ANT e compostos fenólicos – CF de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA), entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		AÇR	FLV	ANT	CF
Níveis de solução nutritiva (CEsn)	4	6,5588 ^{ns}	112,97 ^{**}	0,0688 ^{**}	14,7976 ^{**}
Regressão linear	1	7,5355 ^{ns}	390,014 ^{**}	0,265 ^{**}	49,1338 ^{**}
Regressão quadrática	1	2,6076 ^{ns}	37,3103 ^{**}	0,0001 ^{ns}	0,5101 ^{ns}
Ácido ascórbico (AsA)	4	3,1674 ^{ns}	5,2190 ^{**}	0,0573 ^{**}	3,2250 ^{ns}
Regressão linear	1	5,4840 ^{ns}	4,3630 ^{**}	0,0505 ^{**}	0,8141 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,0124 ^{ns}	12,0723 ^{**}	0,1642 ^{**}	4,3152 ^{ns}
Interação (CEsn × AsA)	16	4,9383 ^{ns}	1,9892 ^{**}	0,0110 ^{**}	18,1669 ^{ns}
Blocos	3	0,1060 ^{ns}	0,0682 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,2835 ^{ns}
Resíduo	72	0,0645	0,5130	0,0039	0,3509
CV (%)		2,82	7,03	16,48	7,84

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

O incremento nos níveis de CEsn proporcionou aumento nos teores de flavonoides – FLV e antocianinas – ANT dos frutos de tomateiro-cereja (Figura 6A e 6B). Contudo, a pulverização com a concentração de 600 mg L⁻¹ do AsA resultou nos menores valores de FLV (9,06 mg 100 g⁻¹) e ANT (0,06 mg 100 g⁻¹) nas plantas sob CEsn de 4,9 dS m⁻¹. No entanto, as plantas sob a maior CEsn (4,9 dS m⁻¹) e sem aplicação do ácido (0 mg L⁻¹) tiveram os maiores valores de FLV (12,97 mg 100 g⁻¹) e ANT (0,54 mg 100 g⁻¹). Conforme Ribeiro e Seravalli (2007), durante o processo de amadurecimento dos

vegetais, a clorofila vai sendo degradada enquanto há síntese dos demais pigmentos, como os flavonoides, que são importantes para a qualidade dos frutos. Por outro lado, para os teores de antocianinas há vários fatores que interferem na sua estabilidade, destacando-se o pH como fator limitante, assim, a estabilidade das antocianinas é maior sob condições ácidas, fato confirmado pelo aumento da acidez titulável dos frutos de tomate-cereja do presente estudo (MODESTO JUNIOR et al., 2016).



x e y - Concentração do ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn respectivamente;

ns, *, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 6. Flavonoides – FLV (A) e antocianinas – ANT (B) de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de solução nutritiva - CESn e concentrações do ácido ascórbico - AsA; compostos fenólicos – CF (C) de frutos de tomate-cereja em função dos níveis de CESn, entre o período de 72 aos 108 dias após a semeadura.

Os compostos fenólicos – CF de frutos do tomate-cereja reduziram de forma linear com o aumento dos níveis de CESn (Figura 6C), cujo decréscimo foi de 4,46% por

incremento unitário na CE_{sn}. As plantas cultivadas sob a menor CE_{sn} (2,1 dS m⁻¹) obtiveram o maior valor de CF (14,39 mg 100 g⁻¹) em seus frutos. Ao confrontar as plantas sob CE_{sn} de 2,1 dS m⁻¹ e plantas com a maior CE_{sn} (4,9 dS m⁻¹), notou-se redução nos teores de CF, de 13,78%. Os compostos fenólicos desempenham um papel importante nas plantas, atuando como antioxidantes e fornecendo proteção contra estresses ambientais, como radiação ultravioleta e ataques de patógenos (UFRA, 2024). Portanto, a redução pode estar relacionada aos efeitos do estresse salino, uma vez que, a planta utiliza esses compostos em situação de estresse, o que pode ter inibido o acúmulo nos frutos.

4. CONCLUSÕES

Os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ reduzem a produção total, o peso médio de frutos, o número de cachos, o número de frutos, o diâmetro polar e equatorial, e os compostos fenólicos de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’.

A solução nutritiva salobra ao nível de 4,9 dS m⁻¹ mais aplicação do ácido ascórbico na concentração de 600 mg L⁻¹ aumentam a firmeza, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável de frutos de tomate-cereja ‘Laranja’.

Os valores da condutividade elétrica da solução nutritiva até 4,9 dS m⁻¹ aumentam os teores de ácido ascórbico, flavonoides e antocianinas em frutos de plantas de tomateiro-cereja.

A pulverização de ácido ascórbico com a concentração de 600 mg L⁻¹ em plantas cultivadas sob CE_{sn} de 2,1 dS m⁻¹ reduz os teores de ácido ascórbico, de flavonoides e antocianinas em frutos de tomateiro cereja ‘Laranja’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agristar - Instituto de Ação Social. <https://agristar.com.br/topseed-garden/blue-line-hortalicas/tomate-cereja-laranja/1888147>. Acesso em: 09 Out. 2024.
- Andrade, E. M. G.; Lima, G. S de; Lima, V. L. A. de; Silva, S. S. da; Dias, A. S.; Gheyi, H. R. Hydrogen peroxide as attenuator of salt stress effects on the physiology and biomass of yellow passion fruit. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, p.571-578, 2022.

- Benassi, M. T.; Antunes, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.31, p.507-513, 1988.
- Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. Brasília: Diário Oficial da União. 2018. 23p.
- Caetano, E. J. M.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. S. A. de; Arruda, T. F. L. de; Souza, A. R. de; Soares, L. A. A. dos; Gheyi, H. R.; Dias, M. S. dos; et al. Application techniques and concentrations of ascorbic acid to reduce saline stress in passion fruit. *Plants*, v.13, p.27-18, 2024.
- Celi, G. E. A. Uso de ácido ascórbico em plantas de soja submetidas à salinidade. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de concentração em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista - Unesp, Jaboticabal, 2022.
- Chen, L.; Meng, Y.; Yang, W.; Qian, L. V.; Zhou, L.; Liu, S.; Li, X. Genome-wide analysis and identification of TaRING-H2 gene family and TaSDIR1 positively regulates salt stress tolerance in wheat. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.242, p.125-162, 2023.
- Chen, X.; Jiang, Y.; Cong, Y.; Liu, X.; Yang, Q.; Xing, J.; Liu, H. Ascorbic acid mitigates salt stress in tomato seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathways. *Agronomy*, v.14, e1810, 2024.
- Fernandes, C.; Corá, J. E.; Braz, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.275-278, 2007.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, p.529-535, 2019.
- Francis, F. J. Analysis of anthocyanins. In: Markakis, P. (Ed.) *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic Press, p. 182-205, 1982.
- Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M.; Santos, D.; Matos, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, p.1006-1016, 2015.
- Gaafar, A. A.; Ali, S. I.; El-Shawadfy, M. A.; Salama, Z. A.; Søkara, A.; Ulrichs, C.; Abdelhamid, M. T. Ascorbic acid induces the increase of secondary metabolites, antioxidant activity, growth, and productivity of the common bean under water stress conditions. *Plants*, v.9, p.1-24, 2020.

- Gonçalves, D. C.; Fernandes, C. H. dos S.; Tejo, D. P.; Vidal, T. C. M. Cultivo do tomate cereja sob sistema hidropônico: Influência do turno de rega. *Uniciências*, v.22, p.20-23, 2018.
- Guedes, M. A.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Sa, V. K. N. O.; Silva, L. A.; Silva, F. J. L.; Torres, R. A. F. Aplicação foliar de H₂O₂ no cultivo hidropônico de tomate cereja sob soluções nutritivas salinas. *Water Resources and Irrigation Management*, v.13, p.150-164, 2024.
- Guedes, M. A.; Silva, A. A. R.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Silva, L. A.; Oliveira, V. K. N.; Fatima, R. T.; Nobre, R. G.; Nobrega, J. S.; Azevedo, C. A. V.; Silva, S. S.; Gomes, J. P. Hydroponic cultivation of laranja cherry tomatoes under salt stress and foliar application of hydrogen peroxide. *Agriculture*, v. 13, e1688, 2023.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural of Experimental Station Bull*, v.347, p.1-32, 1950.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4ª Ed. São Paulo: IAL, 2008. 102 a 104p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>. Acesso em: setembro de 2024.
- Kamran, A.; Mushtaq, M.; Arif, M.; Rashid, S. Papel dos bioestimulantes (ácido ascórbico e ácido fúlvico) para sinergizar a atividade do *Rhizobium* na ervilha (*Pisum sativum* L. var. Meteor). *Plant Physiology and Biochemistry*, v.196, p.668–682, 2023.
- Lee, S. K.; Kader, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, v.20, p.207–220, 2020.
- Liang, H.; Shi, Q.; Li, X.; Gao, P.; Feng, D.; Zhang, X.; Ma, W. Synergistic effects of carbon cycle metabolism and photosynthesis in Chinese cabbage under salt stress. *Horticultural Plant Journal*, v.9, p.1-12, 2022.
- Martínez, J. P.; Fuentes, R.; Farías, K.; Lizana, C.; Alfaro, J. F.; Fuentes, L.; Lutts, S. Effects of salt stress on fruit antioxidant capacity of wild (*Solanum chilense*) and domesticated (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) tomatoes. *Agronomia*, v.10, e1481, 2020.
- Modesto Junior, E. N.; Soares, S. da S.; Gomes, P. W.P.; Ribeiro, C. D. F. A.; Silva, R. M. V da. Estudo do armazenamento da polpa do fruto ginja *Eugenia uniflora* L. e sua influência nos teores de ácido ascórbico e antocianinas. *Scientia Plena*, v.12, p.1- 8, 2016.

- Nóbrega, J. S.; Guedes, M. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Silva, L. de A.; Silva, S. S. da; Brito, L. A. Photosynthetic pigments, growth, and production of cherry tomato under salt stress and hydrogen peroxide. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.28, e275968, 2024.
- Oliveira, V. K. N.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R., Lacerda, C. F. de; Azevedo, C. A.V. de; Nobre, R. G.; Chaves, L. H. G.; Fernandes, P. D.; Lima, V. L. A. de. Foliar application of salicylic acid mitigates saline stress on physiology, production, and post-harvest quality of hydroponic Japanese cucumber. *Agriculture*, v.13, e395, 2023.
- Ribeiro, E. P.; Seravalli, E. A. G. *Química dos alimentos*. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher. 2007. 196p.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S. Department of Agriculture USDA Handbook 60. p.160, 1954.
- Roque, I. A.; Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Lopes, I. A. P.; Silva, L. A.; Fernandes, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, v.35, p.686-696, 2022.
- Santos, C. A.; Carmo, M. G. F.; Abboud, A. C. S. Novo nicho: tomate cereja orgânico. *Campo & Negócios HF*, v.137, p.16-20, 2016.
- Sausen, D. F.; Lopes, C.; Marques, S.; Souza, L.; Alves, A; Patrocínio, E.; Cordeiro, E. K. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. *Brazilian Journal of Development*, v.6, p.14888-14903, 2020.
- Silva, F. J. L. da; Lima, G. S. de; Silva, S. S. da; Soares, L. A. dos A.; Torres, R. A. F.; Gheyi, H. R.; Silva, J. S. da; Mendonça, A. J. T.; Andrade, J. T. F.; Silva, A. A. R. da; Silva, S. T. A. de; Nóbrega, J. S.; Azevedo, C. A. V. de. Lima, V. L. A. Effect of hydrogen peroxide application on physiology, production, and post-harvest quality of mini watermelon under salt stress. *Arid Land Research and Management*, v.38, p.1–27, 2024.
- Skider, R. K.; Wang, X.; Zhang, H.; Gui, H.; Dong, Q.; Jin, D.; Song, M. Nitrogen enhances salt tolerance by modulating the antioxidant defense system and osmoregulation substance content in *Gossypium hirsutum*. *Plants*, v.9, e450, 2020.
- Strohecker, R. R.; Henning, H. M. *Análises de vitaminas: métodos comprovados*. Editora Paz Montalvo, p.428, 1967.
- UFRA-Universidade Federal Rural de Amazonas. *Cartilha de alimentos funcionais: a ciência no seu prato: compostos fenólicos e flavonoides*. Bélem/PA, 2024. 16p.

- Vasconcelos, N. M.; Pinto, G. A. S.; Aragão, F. A. S. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-Dinitrosalicílico: Histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 29p.
- Viana, E. de S.; Reis, R. C.; Ronielli Cardoso, S. C. S. da .; Neves, T. T. das; Jesus, J. L. de. Avaliação físico-química e sensorial de frutos de genótipos melhorados de mamoeiro1. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.45, p.297–303, 2015.
- Wang, Y.; Cao, Y.; Liang, X.; Zhuang, J.; Wang, X.; Qin, F.; Jiang, C. A dirigent family protein confers variation of Casparian strip thickness and salt tolerance in maize. Nature Communications, v.13, p.2222-2239, 2022.
- Waterhouse, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. American Journal of Enology and Viticulture, v.11, p.3-5, 2006.
- Wendling, I.; Ferrari, M. P.; Dutra, L. F. Produção de mudas de corticeira-do-mato por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. Embrapa florestas, 2005. 5p.
- Zamuz, S.; P. E. Munekata, B.; Gullón, G.; Rocchetti, D.; Montesano; Lorenzo, J. M. *Citrullus lanatus* as source of bioactive components: An up-to-date review. Trends in Food Science & Technology, v.111, p.208–22, 2021.
- Zhao, Y.; Jia, K.; Tian, Y.; Han, K.; El-Kassaby, Y.A.; Yang, H.; Li, Y. Timecourse transcriptomics analysis reveals key responses of populus to salt stress. Industrial Crops and Products, v.194, p.116-178, 2023.

O tomate-cereja ‘Laranja’ possui grande importância socioeconômica e tem potencial para ser explorado no agronegócio brasileiro, principalmente, em regiões semiáridas. É uma variedade com frutos menores e sabor mais adocicado do que os tomates tradicionais, sendo muito usado na gastronomia. Além disso, os seus aspectos nutricionais contribuem para aceitação por parte dos consumidores.

Em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro os recursos hídricos subterrâneos são a única fonte disponível em tempos de estiagem. Assim, é comum a aplicação de águas salobras nos cultivos irrigados. Entretanto, o seu uso afeta o desenvolvimento e a produção das plantas pelo elevado teor de sais dissolvidos em solução.

Diante do contexto apresentado, o cultivo hidropônico com substrato surge como uma alternativa promissora ao possibilitar o uso de águas salobras, o potencial matricial nesse sistema pode ser desprezado, diminuindo os efeitos do estresse salino. Além de possibilitar uma economia no fornecimento de água e nutrientes para as plantas quando comparado com outros sistemas hidropônicos, ou seja, é economicamente vantajoso.

No presente estudo observou-se que os níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas a partir de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ são negativos para os índices fisiológicos, o crescimento, os componentes de produção e a característica física dos frutos de tomate-cereja ‘Laranja’. Porém, as soluções nutritivas salobras de até $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ melhoram a qualidade dos frutos de tomate-cereja ‘Laranja’ com aumento nos teores de compostos bioativos, como ácido ascórbico, flavonoides e antocianinas.

A aplicação de compostos não-enzimáticos, como o ácido ascórbico, também se destaca como uma alternativa promissora para o cultivo de plantas sob estresse salino. No presente estudo a aplicação foliar de AsA na concentração de 600 mg L^{-1} mais solução nutritiva salobra de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionaram efeito benéfico na condutância estomática, na transpiração, na taxa de assimilação de CO_2 , na fluorescência variável, na área foliar, na altura de plantas e no número de folhas.

O AsA na concentração de 600 mg L^{-1} também aumenta a firmeza, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável de frutos de plantas submetidas ao nível de $4,9 \text{ dS m}^{-1}$. Além disso, a concentração do AsA de 600 mg L^{-1} aumenta a eficiência instantânea no uso da água, a eficiência instantânea da carboxilação, a fluorescência máxima e a síntese de clorofila *a* e *b*, plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, independentemente do nível

de CEs_n. Porém, o nível salino de 2,1 dS m⁻¹ junto com a concentração do AsA de 600 mg L⁻¹ reduzem o conteúdo relativo de água, a fitomassa seca de folhas e da parte aérea, os teores de ácido ascórbico, flavonoides e antocianinas em frutos de tomateiro cereja ‘Laranja.

De modo geral, a aplicação de AsA pode viabilizar o uso de águas salobras para cultivos irrigados em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, além de ser considerado um composto de baixo custo para os produtores. Por fim, para futuras pesquisas recomenda-se explorar a frequência de aplicação do AsA, com a finalidade de validar os resultados obtidos no presente estudo.