



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



TESE DE DOUTORADO

**ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS, PRODUÇÃO E PÓS-
COLHEITA DE ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE
ADUBAÇÃO COM NPK**

ANTONIO MANOEL DA SILVA FILHO

**CAMPINA GRANDE – PB
Junho de 2024**

ANTONIO MANOEL DA SILVA FILHO

Engenheiro Agrônomo

**ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS, PRODUÇÃO E
PÓS-COLHEITA DE ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E
COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO COM NPK**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola

Orientadores: Prof. Dsc. Hans Raj Gheyi e
Prof. Dsc. Alberto Soares de Melo

CAMPINA GRANDE – PB
Junho de 2024

S586a

Silva Filho, Antonio Manoel da.

Aspectos morfofisiológicos, bioquímicos, produção e pós-colheita de aceroleira sob estresse salino e combinações de adubação com NPK / Antonio Manoel da Silva Filho. – Campina Grande, 2024.

194 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Alberto Soares de Melo."

Referências.

1. *Malpighia emarginata*. 2. Salinidade. 3. Mecanismo antioxidante. 4. Nutrição mineral. I. Gheyi, Hans Raj. II. Melo, Alberto Soares de. III. Título.

CDU 634.674(043)



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

ANTONIO MANOEL DA SILVA FILHO

**“ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS,
BIOQUÍMICOS, PRODUÇÃO E PÓS-
COLHEITA DE ACEROLEIRA SOB ESTRESSE
SALINO E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO
COM NPK”**

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

Aprovada em: 28/06/2024

Hans Raj Gheyi - Orientador(a) - PGEA/CTRNUFPG

Alberto Soares de Melo - Orientador(a) - PPGCA/UEPB

Lucia Helena Garofalo Chaves - Examinador(a) Interno(a) - PPGCA/CTRNUFPG

Vera Lucia Antunes de Lima - Examinador(a) Interno(a) - PPGCA/CTRNUFPG

Claudivan Feitosa de Lacerda - Examinador(a) Externo(a) - PPGCA/UEPB

Toshik Iarley da Silva - Examinador(a) Externo(a) - CCAAB/UFRB



Documento assinado eletronicamente por **Toshik Iarley da Silva, Usuário Externo**, em 11/07/2024, às 11:19, 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 **Alberto Soares de Melo, Usuário externo**, em 11/07/2024, às 11:46, 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 **Claudivan Feitosa de Lacerda, Usuário Externo**, em 11/07/2024, às 11:53, 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 11/07/2024, às 12:17, 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 11/07/2024, às 18:37, 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 **LUCIA HELENA GAROFALO CHAVES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/07/2024, às 19:36 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.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **4585897** e o código CRC **F4D719DD**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Pai Celestial e amigo, que chamo de Deus, pelo dom da vida, saúde, força, proteção, oportunidades, e por ter me guiado em todas as minhas decisões.

Aos meus orientadores Prof. Dsc. Hans Raj Gheyi e Prof. Dsc. Alberto Soares de Melo pelas suas orientações, conselhos, paciência, companheirismo e pelo tempo dedicado a este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), pela disponibilidade de espaço para realização deste trabalho.

A todos que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso, do pessoal da limpeza ao pós-doutor.

Aos pesquisadores do Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (ECOLAB) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB): Ferraz, Guilherme, Ibrahim, Ingrid, Rayane, Priscila, Vitória, pelo acolhimento, por toda amizade, companheirismo e dedicação durante as análises laboratoriais.

Aos doutores em Engenharia Agrícola, André Alisson e Leandro Pádua, pela montagem e condução do primeiro ano do experimento, por todo esforço, dedicação e ensinamentos durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus amigos e alunos de Iniciação Científica, Denis Soares e Tamara Costa, pela dedicação e esforço no desenvolvimento da pesquisa; aos amigos da turma de sala por lutarem junto comigo, para superar as adversidades encontradas e por sempre terem uma palavra de carinho, incentivo e confiança durante todo o percurso.

Aos membros avaliadores por se disporem à avaliação do trabalho e pelas sugestões para melhoria.

Ao grupo de Condutores do Vale do Piancó – CVP que, durante três anos, foram responsáveis por me proporcionar gratuitamente o traslado de ida e volta à Campina Grande, sempre que possível, especialmente aos amigos condutores: Novinho e Junior (Boa Ventura-PB), Denis (Ibiara-PB), Alex (Diamante-PB), Desuite e Tião (Santana de Mangueira-PB) e Neném (Conceição-PB).

A Prefeitura Municipal de Itaporanga-PB, na pessoa do Prefeito Divaldo Dantas, por me conceder carga horária compatível para poder realizar o meu sonho de concluir o curso de doutorado em Engenharia Agrícola.

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo concedidos durante toda minha formação. Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Muito obrigado!

A minha avó Maria Ana Nunes – “Dona Mocinha” (*In memoriam*) e meu avô Manoel Josino Ricarte – “Seu Mané Josino” (*In memoriam*), por todo amor, carinho, dedicação e ensinamentos que guardarei para sempre, suas memórias viverão continuamente através de mim, do meu amor e da minha eterna saudade.

MINHA HOMENAGEM

Aos meus pais, Antônio Manoel da Silva e Luzia Nunes da Silva e aos meus treze irmãos, como reconhecimento de todo amor, dedicação e incentivo.

OFEREÇO

A minha esposa, Emanuela Soares pelo carinho, compreensão e companheirismo; aos meus filhos Karen Emanuela e Kaio Emanuel, presentes que Deus colocou em minha vida, minha continuidade.

DEDICO

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xx
RESUMO GERAL	xxv
GENERAL SUMMARY	xxvi
CAPÍTULO I.....	xxvii
CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	xxvii
1. INTRODUÇÃO GERAL	28
2. OBJETIVOS	30
2.1. Geral	30
2.2. Específicos.....	30
3. REVISÃO DE LITERATURA	31
3.1. Aceroleira: origem, aspectos botânicos e morfofisiológicos da cultura.....	31
3.2. Importância da aceroleira para economia do Nordeste do Brasil.....	32
3.3. Uso da água salina na agricultura	34
3.4. Efeitos dos sais sobre as plantas	35
3.4.1. Osmótico	35
3.4.2. Tóxico	36
3.4.3. Nutricional	37
3.5. Salinidade na cultura da acerola	38
3.6. Salinidade e adubação na cultura da acerola	39
3.7. Necessidade da utilização de águas salinas na agricultura	41
3.8. Solutos orgânicos e inorgânicos	42
3.9. Atividade das enzimas antioxidantes.....	44
4. REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO II.....	55
MATERIAL E MÉTODOS – GERAL	55
1. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	56
1.2. Descrição e localização da pesquisa e área experimental.....	56
1.2. Instalação e condução durante o primeiro ano de produção.....	57
1.2.1. Tratamentos no primeiro ano de cultivo.....	57
1.2.2. Cultura utilizada	57

1.2.3. Caracterização dos vasos e solo usados no primeiro ano de produção	58
1.2.4. Manejo das podas para formação da copa	59
1.2.5. Preparo das águas e manejo da irrigação	60
1.2.6. Manejo das adubações	61
1.3. Condução do experimento no segundo ano de produção	61
1.3.1. Instalação e condução da pesquisa	61
1.3.2. Tratamentos e delineamento estatístico do segundo ano de produção	62
1.3.3. Preparo das águas e irrigação do segundo ano de produção.....	62
1.3.4. Adubação da aceroleira no segundo ano de produção.....	62
1.4. Variáveis analisadas	63
1.5. Análise estatística	65
2. REFERÊNCIAS	65
CAPÍTULO III	67
COMBINAÇÕES DE NPK AMENIZAM OS EFEITOS DELETÉRIOS DO ESTRESSE SALINO NA MORFOFISIOLOGIA DA ACEROLEIRA	67
1. Introdução	70
2. Material e métodos	71
3. Resultados e Discussão	75
4. Conclusões	86
Agradecimentos	86
Referências	86
CAPÍTULO IV	90
PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E RENDIMENTO QUÂNTICO DE ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE NPK.....	90
1. Introdução	93
2. Materiais e Métodos	94
2.1. Localização do experimento	94
2.2. Tratamentos e delineamento experimental	95
2.3. Instalação e condução do experimento	95
2.4. Variáveis analisadas	98
2.5. Análise estatística	99
3. Resultados e Discussão	100
4. Conclusões	108

Agradecimentos	108
Referências	109
CAPÍTULO V	114
FERTILIZAÇÃO COM NPK MODULA A ATIVIDADE ENZIMÁTICA E ATENUA OS IMPACTOS DA SALINIDADE NA ACEROLEIRA	114
1. Introdução	117
2. Materiais e Métodos	118
2.1. Determinação do teor de solutos inorgânicos	122
2.2. Determinação do teor de solutos orgânicos	122
2.3. Determinação da atividade das enzimas antioxidantes	122
2.4. Análise estatística	123
3. Resultados e Discussão	123
4. Conclusões	138
Agradecimentos	139
Referências	139
CAPÍTULO VI	146
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE ACEROLA (<i>Malpighia emarginata</i> D. C.) SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NPK	146
1. Introdução	149
2. Material e Métodos	150
3. Resultados e Discussão	154
4. Conclusões	172
Agradecimentos	173
Referências	173
CAPÍTULO VII	179
CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
ANEXOS	182
ANEXO A – RESULTADOS DAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO ANALISADAS AOS 64; 124; 184; 244 e 364 DIAS APÓS A PODA (DAP)	183
ANEXO B – RESULTADOS DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS ANALISADAS AOS 64; 124; 184; 244 e 364 DIAS APÓS A PODA (DAP)	185
Relações hídricas	185
Trocas gasosas	186
Fluorescência da clorofila “a”	188

Pigmentos fotossintetizantes	190
ANEXO C – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO E ÁGUA	192
Resultados das avaliações dos atributos químicos do solo a partir do extrato de saturação e extrato 1:2,5 do solo, durante período de condução do experimento	192
Resultados das avaliações das condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), durante período de condução do experimento	193

LISTA DE TABELAS

Capítulo II – MATERIAL E MÉTODOS – GERAL

	Pág.
Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	59

Capítulo III – Combinações de NPK amenizam os efeitos deletérios do estresse salino na morfofisiologia da aceroleira

	Pág.
Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	72
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao teor relativo de água (TRA) e porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	76
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	79
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 304 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.....	84

Capítulo IV – Pigmentos fotossintéticos e rendimento quântico de aceroleira sob estresse salino e combinações de NPK

	Pág.
Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	96

Tabela 2. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i>), clorofila total (Cl <i>t</i>) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	100
Tabela 3. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F ₀), fluorescência máxima (F _m), fluorescência variável (F _v) e eficiência quântica do fotossistema II (F _v /F _m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.	103
Tabela 4. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) e coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.....	106

Capítulo V – Fertilização com NPK modula a atividade enzimática e atenua os impactos da salinidade na aceroleira

	Pág.
Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	120
Tabela 2. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) e coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais, em plantas de aceroleira cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.	124
Tabela 3. Resumo da análise de variância para teores de solutos orgânicos - carboidratos solúveis (CAR), proteínas solúveis (PRT), aminoácidos livres (AMI) e prolina livre (PRO), presentes em matéria seca de folhas de aceroleira irrigada com águas salinizadas, e adubadas com diferentes combinações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.....	128
Tabela 4. Resumo da análise de variância para atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) em folhas de	

aceroleira irrigada com águas salinizadas, e combinação de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), aos 304 dias após a poda, durante o segundo ano de produção..... 132

Capítulo VI - Produção e qualidade de frutos de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) sob estresse salino e combinações de adubação NPK

	Pág.
Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	151
Tabela 2. Resumo da análise de variância para o número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio de frutos (PMF), diâmetro polar (DPF) e equatorial (DEF) de frutos de plantas de acerola irrigadas com diferentes condutividades elétricas da água e combinações de nitrogênio, fósforo e potássio, durante o segundo ano de produção, aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo (DAP).....	154
Tabela 3. Resumo do teste F para a acidez total titulável (AT, % de ácido cítrico), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST, °Brix), índice de maturação Ratio - SST/AT, vitamina C (VTC, mg 100g ⁻¹), açúcares redutores (ACR, g 100g ⁻¹), compostos fenólicos (COF, mg 100g ⁻¹), flavonoides (FLA, mg 100g ⁻¹) e antocianinas (ANT, mg 100g ⁻¹) de frutos de aceroleiras irrigadas com águas salinizadas, sob diferentes combinações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), durante o segundo ano de produção, aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo (DAP).....	162

ANEXOS – Resultados das variáveis de crescimento, fisiologia e atributos químicos do solo analisadas em diferentes épocas

	Pág.
Tabela 1. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 64 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.....	183
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 124 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.....	183

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 184 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.....	183
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 244 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.....	184
Tabela 5. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 364 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.....	184
Tabela 6. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	186
Tabela 7. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	186
Tabela 8. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	186
Tabela 9. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	186
Tabela 10. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	186
Tabela 11. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação	

(EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	186
Tabela 12. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	187
Tabela 13. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	187
Tabela 14. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	187
Tabela 15. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	188
Tabela 16. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F ₀), fluorescência máxima (F _m), fluorescência variável (F _v) e eficiência quântica do fotossistema II (F _v /F _m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	188

Tabela 17. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	188
Tabela 18. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	189
Tabela 19. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	189
Tabela 20. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	189
Tabela 21. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	190
Tabela 22. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	190
Tabela 23. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	190

Tabela 24. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	191
Tabela 25. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.....	191
Tabela 26. Atributos químicos do solo, analisados a partir da coleta e análise do extrato de saturação do solo, em novembro de 2021.....	192

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II – MATERIAL E MÉTODOS – GERAL

	Pág.
Figura 1. Fluxograma de execução temporal do experimento, durante o primeiro e segundo ano de produção.....	56
Figura 2. Visão geral do experimento, mostrando detalhe do vaso com os lisímetros preenchidos com solo (A), drenos para drenagem (B), tecido geotêxtil para evitar entupimento dos drenos (C) e recipientes plásticos para coleta de água drenada (D) durante o cultivo da aceroleira.....	58
Figura 3. Poda da gema apical (A) para estimular as brotações das gemas laterais e poda de formação da copa (B).....	60

Capítulo III – Combinações de NPK amenizam os efeitos deletérios do estresse salino na morfofisiologia da aceroleira

	Pág.
Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.....	71
Figura 2. Teor relativo de água – TRA nas folhas da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação – CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.	76
Figura 3. Porcentagem média de extravasamento de eletrólitos - % EE do limbo foliar da aceroleira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação cultivada sob diferentes combinações de NPK, aos 304 dias após poda, no segundo ano de produção.	78
Figura 4. Concentração interna de CO ₂ - Ci da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	80
Figura 5. Condutância estomática - gs (A) e transpiração - E (B) da aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) cultivada sob diferentes combinações de adubação NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	81

Figura 6. Taxa de assimilação de CO ₂ - Ci da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.	82
Figura 7. Eficiência instantânea da carboxilação - <i>EiCi</i> (A) e eficiência instantânea no da água - <i>EiUA</i> (B) da aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A), aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	83
Figura 8. Crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes, em função da salinidade da água de irrigação, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.....	85

Capítulo IV – Pigmentos fotossintéticos e rendimento quântico de aceroleira sob estresse salino e combinações de NPK

	Pág.
Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.....	94
Figura 2. Layout da área experimental.....	95
Figura 3. Ilustração do enchimento dos lisímetros de drenagem.	96
Figura 4. Clorofila <i>a</i> - Cl <i>a</i> (A) e clorofila <i>b</i> - Cl <i>b</i> (B) da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.	102
Figura 5. Clorofila total - Cl <i>t</i> (A) e carotenoides - Car (B) da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.	102
Figura 6. Fluorescência inicial - F ₀ da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das combinações de adubação (B), aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.	103
Figura 7. Fluorescência máxima - F _m da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das combinações de adubação (B), aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.	104

Figura 8. Fluorescência variável - Fv (A) e eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm (B) da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo..... 105

Figura 9. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais (CP) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação e combinações de NPK (A e C) e dos coeficientes de correlação das variáveis analisadas (B e D) com os quatro primeiros componentes principais (CP1, CP2, CP3 e CP4) 107

Capítulo V – Fertilização com NPK modula a atividade enzimática e atenua os impactos da salinidade na aceroleira

	Pág.
Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.....	119
Figura 2. Análise de componentes principais com clusters para a combinação dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e combinações de NPK (CA) em plantas de aceroleira, durante o segundo ano de produção, aos 304 dias após a poda.	125
Figura 3. Correlação de Pearson para os teores de solutos orgânicos e inorgânicos e atividade enzimática em plantas de aceroleira cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação (CA) com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda. Correlações significativas ($p \leq 0,05$) estão sombreadas em círculos.....	126
Figura 4. Teores de proteínas solúveis em folhas de aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>) em função da salinidade da água de irrigação (CEa), durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda (DAP). Médias de três repetições \pm erro padrão. MS – Matéria seca.....	128
Figura 5. Teores de aminoácidos livres em folhas de aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.	130

Figura 6. Teores de prolina livre em folhas de aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>) cultivadas sob estresse salino e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.	131
Figura 7. Atividade da superóxido dismutase (SOD) em folhas de aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.....	133
Figura 8. Atividade da catalase (CAT) em folhas de aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.....	135
Figura 9. Atividade da ascorbato peroxidase (APX) em folhas de aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.....	137

Capítulo VI - Produção e qualidade de frutos de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) sob estresse salino e combinações de adubação NPK

	Pág.
Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.....	150
Figura 2. Desdobramento da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK para o número total de frutos (A) e peso total de frutos (B) da aceroleira, aos 324 dias após a poda, durante o segundo ano de produção.....	155
Figura 3. Peso médio de frutos (A) e diâmetro equatorial de frutos (B) da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo, durante o segundo ano de produção.	159
Figura 4. Acidez titulável (A) e potencial hidrogeniônico (B) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.....	163

Figura 5. Sólidos solúveis totais (A) e índice de maturação Ratio - SST/AT B) dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.	165
Figura 6. Vitamina C (A) e açúcares redutores (B) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.....	168
Figura 7. Compostos fenólicos (A) e flavonoides (B) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.....	170
Figura 8. Antocianinas ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.....	172

ANEXOS - Resultados das avaliações das condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), durante período de condução do experimento

	Pág.
Figura 1. Relação entre as condutividades elétricas do extrato de saturação (CEes) e extrato 1:2,5 (CE 1:2,5) do solo cultivados com aceroleira sob irrigação com diferentes condutividades elétricas da água ($\text{CEa} \bullet 0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e $\bullet 4,0 \text{ dS m}^{-1}$), em novembro de 2021.....	192
Figura 2. Condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), referente a avaliação realizada em maio/2022.....	193
Figura 3. Condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), referente a avaliação realizada em agosto/2022.....	193
Figura 4. Condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), referente a avaliação realizada em novembro/2022.....	194

SILVA FILHO, A. M. **Aspectos morfofisiológicos, bioquímicos, produção e pós-colheita de aceroleira sob estresse salino e combinações de adubação com NPK.** 2024. 194p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Campina Grande. Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola. Campina Grande, PB.

RESUMO GERAL

A utilização de águas salinas no cultivo da aceroleira (*Malpighia emarginata*) na região semiárida do Nordeste brasileiro pode ser viabilizado através do manejo da adubação, visando minimizar os efeitos deletérios do estresse salino. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com combinações de nitrogênio, fósforo e potássio como atenuante dos danos causados pelo estresse salino, sobre a morfofisiologia, atividade enzimática, colheita e pós-colheita em aceroleira, durante o segundo ano de produção. O estudo foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 10, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa 0,6 e 4,0 dS m⁻¹), e dez combinações adubação com nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O): (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120; 100-100-140% de N-P₂O₅-K₂O), com três repetições. Foram avaliados o crescimento de novos ramos aceroleira cv. Flor Branca, status hídrico foliar, extravasamento de eletrólitos, trocas gasosas, teores de pigmentos fotossintéticos, fluorescência da clorofila, solutos orgânicos e inorgânicos, atividade enzimática, produção e pós-colheita. Verificou-se interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as combinações de adubação para o teor relativo de água, concentração interna de CO₂, taxa de assimilação de CO₂, fluorescência inicial, fluorescência máxima, aminoácidos livres, prolina livre, atividade da superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase, número total de frutos, peso total de frutos, peso médio de frutos, acidez total titulável, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis totais, índice de maturação Ratio, vitamina C, açúcares redutores, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas. De forma isolada, os níveis salinos afetaram o teor relativo de água, a porcentagem de extravasamento de eletrólitos, concentração interna de CO₂, condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO₂, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência instantânea no uso da água, pigmentos fotossintéticos, fluorescência da clorofila, proteínas solúveis, aminoácidos livres, atividade da superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase, número total de frutos, peso total de frutos, peso médio de frutos, diâmetro equatorial dos frutos, acidez total titulável, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis totais, índice de maturação Ratio, vitamina C, açúcares redutores e flavonoides. A irrigação com o maior CEa (4,0 dS m⁻¹) comprometeu o status hídrico foliar, o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar, as trocas gasosas foliares, o teor de pigmentos fotossintéticos, o rendimento quântico do fotossistema II, o crescimento dos novos ramos e, conseqüentemente, afetando todas as variáveis de produção da aceroleira, aos 304 dias após a poda, durante segundo ano de produção. As atividades enzimáticas da superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) aumentaram quando submetidas ao estresse salino (CEa de 4,0 dS m⁻¹). A combinação de adubação CA5 = 100-80-100% de recomendação de NPK (200, 24 e 80 g de NPK por planta) para o segundo ano de produção modula a atividade enzimática da SOD e APX, a qual atenua os impactos da salinidade na aceroleira, sendo uma escolha eficiente para preservar a sua homeostase redox sob estresse salino.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, salinidade, mecanismo antioxidante, nutrição mineral.

SILVA FILHO, A. M. **Morphophysiological, biochemical aspects, production and post-harvest of West Indian cherry under saline stress and fertilization combinations with NPK.** 2024. 194p. Thesis (Doctoral in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Academic Unit of Agricultural Engineering. Campina Grande, PB.

GENERAL SUMMARY

The use of saline waters in the cultivation of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) in the semiarid region of Northeastern Brazil can be made viable through fertilization management, targeting to minimize the damage caused by saline stress. In this context, the objective was to evaluate the effect of fertilization with combinations of nitrogen, phosphorus and potassium as an attenuator of saline stress, on growth, morphophysiology, enzymatic activity, harvest and post-harvest in West Indian cherry, during the second year of production. The study was conducted in a randomized block design, in 2 x 10 factorial scheme, with two levels of electrical conductivity of irrigation water - EC_w (0.6 and 4.0 dS m⁻¹), and ten combinations of nitrogen fertilization (N), phosphorus (P₂O₅) and potassium (K₂O) fertilization: (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120; 100-100-140% N-P₂O₅-K₂O), with three repetitions. The growth of new branches of West Indian cherry cv. Flor Branca, leaf water status, electrolyte leakage, gas exchange, photosynthetic pigment content, chlorophyll fluorescence, organic and inorganic solutes, enzymatic activity, production, and post-harvest were evaluated. An interaction was verified between the electrical conductivity levels of irrigation water and the fertilizer combinations for relative water content, internal CO₂ concentration, CO₂ assimilation rate, initial fluorescence, maximum fluorescence, free amino acids, free proline, activity of superoxide dismutase, catalase, ascorbate peroxidase, total number of fruits, total fruit weight, average fruit weight, total titratable acidity, hydrogen potential, total soluble solids, maturation index ratio, vitamin C, reducing sugars, phenolic compounds, flavonoids, and anthocyanins. In isolation, saline levels affected the relative water content, the percentage of electrolyte leakage, internal CO₂ concentration, stomatal conductance, transpiration, CO₂ assimilation rate, instantaneous carboxylation efficiency, instantaneous water use efficiency, photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence, soluble proteins, free amino acids, activity of superoxide dismutase, catalase, ascorbate peroxidase, total number of fruits, total fruit weight, average fruit weight, equatorial diameter of fruits, total titratable acidity, hydrogen potential, total soluble solids, maturation index ratio, vitamin C, reducing sugars and flavonoids. The irrigation with the higher EC_w (4.0 dS m⁻¹) compromised the leaf water status, the leakage of electrolytes from the leaf blade, leaf gas exchange, the content of photosynthetic pigments, the quantum yield of the photosystem II, the growth of new branches and, consequently, affecting all West Indian cherry production variables, at 120 days after pruning, during the second year of production. The enzymatic activities of superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX) and catalase (CAT) increased when subjected to salt stress (EC_w of 4.0 dS m⁻¹). The combination of CA5 fertilizer = 100-80-100% of NPK recommendation (200, 24 and 80 g of NPK per plant) for the second year of production modulates the enzymatic activity of SOD and APX, which mitigates the impacts of salinity in the West Indian cherry, being an efficient choice to preserve its redox homeostasis under saline stress.

Keywords: *Malpighia emarginata*, salinity, antioxidant mechanism, mineral nutrition.

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA¹

¹ Esta pesquisa foi financiada Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processo CNPq. 151309/2019-1.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura no Brasil vem se destacando no cenário mundial nas últimas décadas, tornando o país o terceiro maior produtor frutícola. Isso se deu, devido ao aumento de polos de produção, inclusive na região semiárida brasileira (Silva; Santos, 2020). Dentre as espécies frutícolas cultivadas no Brasil, destaca-se a aceroleira (*Malphigiae emarginata* DC.), por ser uma fonte natural de vitamina C (Tavares; Salomão, 2020), excelente produção de frutos e adaptação ao clima tropical e subtropical. O Brasil é o maior produtor, exportador e consumidor de acerola (Santos; Lima, 2020), sendo que em 2017 produziu 60.996 toneladas, onde a região Nordeste contribui com 78% (47.600 t) da produção, sendo que os maiores produtores dessa região, em ordem decrescente de produção, são: Pernambuco, Ceará, Sergipe, Paraíba, Bahia e Piauí, onde os três primeiros também são os maiores produtores do Brasil (IBGE, 2017).

A região Nordeste apresenta excelentes condições edafoclimáticas para o cultivo da aceroleira. Contudo, os recursos hídricos ainda é um fator limitante para o aumento da produção, seja pela quantidade ou qualidade da água, o que representa um risco ao seu cultivo. A escassez de água ocorre devido ao longo período de estiagem que assola essa região, prejudicando cultivos de sequeiro e irrigados. Um reflexo disso é a redução de áreas plantadas e da produção frutícola nesta região (Vidal, 2017) pela ocorrência de sucessivas secas severas com grande repercussão social, econômica e política (Ferreira, 2024).

Diante disso, surge como alternativa em potencial e necessária a utilização de águas salinas, pois além de atender à demanda hídrica para a agricultura, poderá garantir a produção agrícola dessa região (Silva; Lima, 2021), conforme a realidade de cada parte da região semiárida e seus arranjos produtivos locais (APLs). Nesta conjectura, várias pesquisas vêm sendo realizadas para identificar a tolerância das culturas agrícolas sob irrigação com água salina, como por exemplo, a aceroleira (Lima *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020), gravioleira (Silva *et al.*, 2020), goiabeira (Souza *et al.*, 2020) cajueiro (Araújo *et al.*, 2020) e mamoeiro (Sá *et al.*, 2020).

Embora exista a possibilidade de utilizar água salina na agricultura, as plantas podem sofrer sérios efeitos osmóticos e oxidativos (Tavares Filho *et al.*, 2020). Além disso, o excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, pela redução do potencial osmótico na solução do solo, promove toxicidade específica e desequilíbrio nutricional, induzindo modificações morfológicas, fisiológicas, estruturais e metabólicas nas plantas (Yadav *et al.*, 2019). Plantas submetidas ao estresse salino apresentam atraso na emissão das

folhas, necrose da parte aérea e das raízes, redução da área foliar e da atividade fotossintética (Rahnesan *et al.*, 2018). Estes fatores refletem negativamente no crescimento, desenvolvimento e produção das culturas, caso não sejam adotadas técnicas de manejo adequadas (Batoool *et al.*, 2020).

Neste contexto, é necessário adotar estratégias capazes de mitigar os efeitos deletérios do excesso de sais presentes na água de irrigação e/ou solo, e com isso, viabilizar o uso de águas de qualidade inferior em regiões com déficit hídrico. Uma das estratégias que vem se destacando é o manejo adequado da adubação, especialmente, com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (Lima *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020). Embora os estudos com combinações de adubação ainda sejam incipientes, os resultados são promissores, uma vez que estes nutrientes atuam na formação de aminoácidos, glicinabetaína, prolina, oligossacarídeos, e promovem o ajustamento osmótico em plantas sob condições de estresse salino (Arghavani *et al.*, 2017).

Diante disso, é indispensável analisar o efeito da combinação de doses NPK em plantas de acerola irrigadas com águas salinas para melhorar esse entendimento, haja vista a eficiência de combinações com NPK na mitigação do estresse salino (CEa 0,8 e 3,0 dS m⁻¹) na cultura da pinha (*Annona squamosa* L) descrito por Sá *et al.* (2021), que concluiu seu estudo recomendando uma combinação de NPK (140:100:140% ou 56:60:84 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O da dose recomendada) para mitigar o estresse salino em *A. squamosa* e, conseqüentemente, aumentar a produção.

Entretanto, em acerola, a adubação com a combinação entre nitrogênio e fósforo com 140% da dose recomendada minimiza os efeitos deletérios da salinidade sobre a acerola irrigada com água de até 3,0 dS m⁻¹ (Sá *et al.*, 2019a). Em outro estudo, Sá *et al.* (2018b) concluiu que a combinação entre nitrogênio e fósforo (140:100%) da dose recomendada aumenta a síntese de clorofila b e carotenoides em aceroleira, quando irrigada com água salina de até 2,2 dS m⁻¹.

Portanto, devido a essa limitação de estudos de apenas com combinação entre nitrogênio e fósforo, faz-se necessário a realização de pesquisas que envolvam combinações entre nitrogênio, fósforo e potássio, visando a mitigação do estresse salino na aceroleira, através do entendimento de variáveis inerentes ao crescimento, morfofisiologia, solutos orgânicos e inorgânicos, atividade enzimática, produção e pós-colheita.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a adubação com combinações de nitrogênio, fósforo e potássio, como atenuante do estresse salino em aceroleira cv. Flor Branca, sobre a morfofisiologia, solutos orgânicos e inorgânicos, atividade enzimática, colheita e pós-colheita, durante o segundo ano de produção.

2.2. Específicos

- Avaliar o crescimento de novos ramos das plantas de aceroleira irrigadas com água salina e submetidas a com combinações de nitrogênio, fósforo e potássio, após poda;
- Analisar as alterações nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila a da aceroleira cv. Flor Branca irrigadas com água salina e combinações de nitrogênio, fósforo e potássio;
- Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos, a porcentagem de extravasamento de eletrólitos e o teor relativo de água da aceroleira cv. Flor Branca cultivada sob estresse salino e adubação com combinações de nitrogênio, fósforo e potássio;
- Quantificar o conteúdo de solutos orgânicos e inorgânicos, e atividade enzimática do metabolismo antioxidante da aceroleira submetida à irrigação com água salina e adubação combinada de nitrogênio-potássio-fósforo;
- Avaliar a produção e qualidade pós-colheita dos frutos da aceroleira irrigada com água salina e adubação com combinações de nitrogênio, fósforo e potássio, durante o segundo ano de produção.
- Determinar uma combinação com NPK capaz de minimizar os efeitos do estresse salino sobre a cultura da aceroleira cultivar Flor Branca durante o segundo ciclo de produção.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aceroleira: origem, aspectos botânicos e morfofisiológicos da cultura

A aceroleira (*Malpighiae emarginata* DC) é uma planta de clima tropical, originária das Ilhas do Caribe (Ribeiro; Freitas, 2020). O gênero *Malpighia* pertence à família Malpighiaceae, sendo composta por 63 gêneros e cerca de 850 espécies, porém, o grande destaque produtivo é o gênero *Malpighia*, devido a maior ocorrência de cultivos em regiões tropicais e subtropicais do planeta (Freitas *et al.*, 2006).

O cultivo comercial desta fruta se iniciou em Porto Rico, Cuba e Havaí, por volta de 1946, principalmente, em virtude do seu alto valor nutricional (Alvarenga *et al.*, 2019). Essa cultura se adapta aos diversos climas, uma vez que está disseminada em diferentes regiões do mundo, entretanto, as principais regiões produtoras comerciais dessa fruta são as tropicais e subtropicais (Adriano *et al.*, 2011).

A aceroleira é uma planta arbustiva que apresenta crescimento variando de prostrado a ereto, sua copa pode ser aberta ou compacta e nas plantas adultas alcança até 4 m de altura. Porém, nos plantios comerciais, devido as constantes podas, atingem no máximo 1,5 a 2,0 m de altura (Freitas *et al.*, 2006). O caule e ramos da aceroleira possuem casca rugosa de cor marrom na fase jovem e acinzentada nas plantas adultas. As folhas são simples, inteiras e opostas, apresentam formatos variando de oval a elíptico, com pecíolo curto e uma leve pilosidade, responsável pela irritação na pele quando ocorre o contato (Araújo; Minami, 1994).

As flores são hermafroditas, estão dispostas em pequenos cachos pedunculados, o seu surgimento ocorre na axila das folhas de ramos jovens ou nos esporões laterais (Almeida *et al.*, 2002). Apresentam cinco pétalas franjadas e cinco sépalas, a coloração varia de branca a diferentes tonalidades de rosa. Possuem 10 estames, três carpelos unidos e três estiletos, o que forma um ovário globular, súpero, trilocado, em que cada lóculo contém um óvulo (Ritzinger; Ritzinger, 2011). O cálice de cada sépala apresenta duas glândulas grandes, estando situados na parte basal externa (Araújo; Minami, 1994). Quanto aos grãos de pólen, os mesmos são amarelos e pegajosos, o que não permite a disseminação pelo vento, dessa forma, a polinização da aceroleira depende de insetos polinizadores (Almeida *et al.*, 2002).

A acerola é uma fruta drupa, carnosa, apresentando formato arredondada, ovalada ou cônica; as frutas maduras apresentam coloração vermelha, roxa ou amarela; o peso varia entre 3 e 16 g, conforme o potencial genético da planta e das condições edafoclimáticas da região de

cultivo (Vendramini; Trugo, 2000). O epicarpo é uma película fina. O mesocarpo é a polpa, enquanto o endocarpo consiste em três caroços unidos, a textura é pergaminácea, responsável pelo aspecto trilobado do fruto (Araújo; Minami, 1994). Cada caroço pode conter uma semente, com comprimento variando de 3 a 5 mm, com formato ovóide e dois cotilédones (almeida *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2006).

Em relação a composição química da acerola, a mesma depende da espécie, condições edafoclimáticas da região de cultivo e, sobretudo, do estágio de maturação da fruta, responsáveis pelo processo de distribuição de componentes do aroma (Freitas *et al.*, 2006). Ainda sobre os fatores que alteram a composição química da acerola, o teor de vitamina C e outras propriedades de qualidade da fruta, como por exemplo, o peso, tamanho e coloração dos frutos, teor de sólidos solúveis totais e pH do suco são influenciados principalmente pela desuniformidade genética nas áreas de cultivo (Araújo; Minami, 1994). No entanto, outros fatores como quantidade e regularidade das chuvas nos cultivos que não utilizam irrigação, altitude, temperatura, manejo correto da adubação e irrigação, além da incidência de pragas e doenças alteram a composição química da acerola (Vendramini; Trugo, 2000).

A aceroleira é uma planta bastante exigente em luz e calor, a fenologia e produção da acerola apresentam variações conforme a estação do ano e região de cultivo (Carpentieri-Pípolo *et al.*, 2002). A temperatura ideal para o cultivo da acerola é de 26 °C, entretanto, apresenta excelente adaptação as condições climáticas da região semiárida. Para que ocorra uma produção satisfatória dessa cultura, a necessidade hídrica varia entre 1200 e 1600 mm anuais, bem distribuídos. A aceroleira também apresenta elevada exigência ao tipo e fertilidade do solo, podendo ser cultivada tanto em solos arenosos quanto argilosos, porém, devem ser bem drenados e férteis. Portanto, os solos de fertilidade mediana e textura argilo-arenosa são os mais adequados para o cultivo da aceroleira (Calgaro; Braga, 2012).

3.2. Importância da aceroleira para economia do Nordeste do Brasil

No Brasil, o início do cultivo da acerola ocorreu na década de 1950 e foi intensificado durante o período de 1988 a 1992, sendo atualmente, o país, um dos maiores produtores e exportadores dessa fruta e seus produtos industrializados (Silva *et al.*, 2020). O cultivo da aceroleira ocorre em praticamente todo o território brasileiro, exceto na região sul, em virtude do clima desfavorável dessa região, sobretudo, as temperaturas mais baixas. Em contrapartida,

essa cultura é bem adaptada às condições de solo e clima da região Nordeste brasileira (Alvarenga *et al.*, 2019).

Conforme os dados do Censo Agropecuário divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), a produção brasileira de acerola em 2017 foi de 60.996 toneladas, colhidos em cerca de 5.753 hectares. Do total produzido, a região Nordeste responde por mais de 47.600 toneladas, sendo a maior produtora nacional dessa fruta. Os cinco maiores produtores nacionais de acerola são os estados de Pernambuco (21.351 toneladas), Ceará (7.578 toneladas)* Sergipe (5.427 toneladas), Paraíba (4.925 toneladas), Piauí (4.690 toneladas) (IBGE, 2017). Com relação a área colhida, os cinco maiores produtores são: Pernambuco (1.465 ha), Ceará (813 ha), Sergipe (544 ha), Pará (527 ha), Paraíba (458 ha) (IBGE, 2017).

Diante desses dados, constata-se que o cultivo da acerola possui grande importância econômica e social para a região Nordeste do Brasil, visto que gera diversos empregos diretos por meio da mão-de-obra durante as fases de cultivo, colheita e pós-colheita, principalmente a classificação dos frutos para exportação. Também existem os empregos indiretos, como por exemplo, os relacionados ao aproveitamento e comercialização da fruta, que é rica em compostos como carotenóides, compostos fenólicos e antioxidantes (antocianinas, carotenoides e fenólicos), além de ser fonte de vitamina C (ácido ascórbico) (Rezende *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019b).

A demanda do mercado pelo consumo de acerola aumentou significativamente nos últimos anos, tanto na forma *in natura* quanto pela agroindústria, devido ao conhecimento da presença desses compostos e vitaminas nessa fruta. No entanto, o consumo *in natura* apresenta algumas limitações, visto que essa fruta apresenta elevada perecibilidade, e dessa forma, para manter os nutrientes da fruta após o beneficiamento da mesma é necessário a utilização de tecnologias de pós-colheita (Adriano *et al.*, 2011).

Portanto, o processamento da fruta em produtos como o suco e polpa, surge como alternativa para solucionar o problema de perecibilidade da acerola, pois pode absorver praticamente toda produção, além de possibilitar o consumo desses produtos durante o ano todo (Chim *et al.*, 2013). A acerola possui rendimento de 75% em polpa (Araújo *et al.*, 2007).

*No estado do Ceará, em 2023, a área colhida foi de 2713 hectares, com produção de 50.757 toneladas, cujo valor bruto foi de 125.721.621,00 (IBGE, 2023).

3.3. Uso da água salina na agricultura

O uso indiscriminado da água para diferentes fins tem causado a escassez progressiva desse recurso natural, o que limita as atividades agrícolas e, conseqüentemente, o desenvolvimento socioeconômico das regiões (Medeiros *et al.*, 2019). Dentre os diversos usos da água, a agricultura é responsável pelo consumo médio de 70% do volume captado (Magalhães *et al.*, 2020).

Uma das principais tecnologias utilizada na agricultura é a irrigação, sendo a água o insumo fundamental em termos qualitativos e quantitativos (Ayers; Westcot, 1999). Com o aumento progressivo da população mundial a segurança alimentar global passou a ser uma enorme preocupação, visto que a disponibilidade hídrica tanto em qualidade quanto quantidade suficiente para a produção agrícola tem reduzido gradualmente ao longo do tempo (Andrade *et al.*, 2018). Neste sentido, diversas pesquisas têm avaliado alternativas viáveis que possam amenizar esse problema e garantir a produção de alimentos, destacando-se a utilização de águas salinas (Sousa *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016; Sá *et al.*, 2017; Andrade *et al.*, 2018; Alvarenga *et al.*, 2019; Magalhães *et al.*, 2020).

O uso de águas salinas na agricultura irrigada, sobretudo, em regiões com déficit na disponibilidade hídrica surge como uma importante fonte alternativa (Alvarenga *et al.*, 2019). No entanto, para que essa alternativa de solução não se transforme em um grave problema para a produção agrícola, esse tipo de água deve ser manejado adequadamente (Rhoades *et al.*, 1992; Cavalcante *et al.*, 2010).

O uso de água com alta concentração de sais, pode comprometer a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas a depender do genótipo utilizado e da concentração salina da água de irrigação (Sá *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019b).

Nesse sentido, os efeitos promovidos pela irrigação com águas salinas no cultivo de espécies frutíferas têm sido verificados, como por exemplo, Sá *et al.* (2013) estudando o efeito dos sais no mamoeiro; Souza *et al.* (2016) na goiabeira; Sousa *et al.* (2011) com o cajueiro; Sousa *et al.* (2008) no maracujazeiro; Alvarenga *et al.* (2019) e Lima *et al.* (2019a, b, c) na aceroleira.

3.4. Efeitos dos sais sobre as plantas

3.4.1. Osmótico

As plantas cultivadas em meio salino podem apresentar mudanças no crescimento e produção, em função da elevada concentrações de sais na solução do solo causar alterações significativas no potencial osmótico, desequilíbrio nutricional e toxicidade dos íons nas plantas (Souza *et al.*, 2016; Alvarenga *et al.*, 2019), causando danos nos desempenhos fisiológicos e bioquímicos, e por consequência, distúrbios nas relações hídricas e modificações na absorção de nutrientes essenciais pela planta (Lima *et al.*, 2016; Sá *et al.*, 2019a).

O acúmulo de sais dissolvidos no solo reduz a quantidade de água disponível em decorrência da redução no potencial osmótico da solução do solo, desse modo a planta aumenta o gasto de energia para conseguir absorver água e nutrientes (Ashraf; Harris, 2004; Dias *et al.*, 2018). As plantas possuem uma membrana semipermeável, a qual permite o fluxo de água, porém, restringe o movimento de sais. Desse modo, quanto maior a salinidade da água utilizada na irrigação, maior será a dificuldade osmótica para a planta extrair água da solução do solo (Ashraf; Harris, 2004; Lima *et al.*, 2016).

A presença de sais na solução do solo eleva a retenção de água, o que aumenta a magnitude de escassez de água na planta e, dessa forma, as forças de embebição das raízes são inferiores as que retém a água no solo (Rhoades *et al.*, 1992; Ayers; Westcot, 1999; Cavalcante *et al.*, 2010; Sá *et al.*, 2013). Dependendo de alguns fatores como tipo de sais, tolerância da planta ao estresse salino e duração do estresse, o aumento da pressão osmótica decorrente do excesso de sais solúveis na solução do solo, poderá atingir nível tão elevado no qual a planta não conseguirá sucção suficiente para superar o potencial osmótico, e dessa forma, não ocorrerá a absorção de água e nutrientes. Este processo também é conhecido como seca fisiológica (Sá *et al.*, 2017; Andrade *et al.*, 2018).

O potencial osmótico afeta diretamente as taxas de alongação e divisão celular, visto que dependem do processo de extensibilidade da parede celular, que por sua vez está relacionado ao balanço osmótico (Ashraf; Harris, 2004). Porém, a magnitude do efeito causado por águas salinas nas plantas depende de vários fatores, tais como a espécie, tipo de sais, intensidade e duração do estresse, manejo da irrigação, fases de desenvolvimento da planta, sendo, portanto, extremamente necessário a utilização de materiais tolerante ao estresse salino (Sá *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2016; Alvarenga *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2019b).

Apesar dos muitos estudos avaliando os efeitos da salinidade da água sobre as plantas, ainda existem algumas lacunas no conhecimento, como o teor médio de sais na zona radicular tolerável pelas diferentes culturas agrícolas. Esse conhecimento é extremamente importante, pois a utilização de águas com certo grau de salinidade tolerado por determinada cultura não irá afetar significativamente os rendimentos da mesma (Sá *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2016; Lima *et al.*, 2019c). Portanto, mais estudos devem ser realizados para obter a tolerância de cada cultura agrícola aos níveis de salinidade da água, estabelecendo assim o grau de restrição das águas para irrigação.

3.4.2. Tóxico

Nas plantas sob estresse salino também pode ocorrer efeitos tóxicos em função de alguns íons específicos, principalmente, sódio (Na^+) e cloro (Cl^-) (Sá *et al.*, 2018b; Lima *et al.*, 2019c), que causam danos diretamente na membrana plasmática (Munns; Tester, 2008), e também podem causar o desequilíbrio nutricional, pelas deficiências de nutrientes essenciais como o Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , decorrentes do excesso de Na^+ (Souza *et al.*, 2016), enquanto que a absorção de NO_3^- pode ser comprometida pela concentração de Cl^- , causada pela competição iônica (Sá *et al.*, 2013, 2018a).

Quando as plantas estão submetidas ao estresse causado pela salinidade, as mesmas ao absorverem água do solo, inevitavelmente, também absorvem sais, o que conseqüentemente, causa a toxidez devido ao excesso de íons absorvidos (Dias *et al.*, 2005). Dessa forma, o excesso de sais absorvidos, causa o desbalanceamento e lesões no citoplasma, o que danifica, sobretudo, as folhas, que é a parte da planta onde mais ocorre a transpiração, e portanto, o acúmulo de sais translocados do solo para essas regiões da planta, intensifica a toxidez causada pelo sais (Dias *et al.*, 2016). Além disso, os sais quando atingem os sítios celulares, restringem diversos processos bioquímicos importantes, como por exemplo, a cadeia respiratória, fotofosforilação, assimilação de nitrogênio e metabolismo das proteínas, assim como, afetam a maioria das enzimas envolvidas em todos esses processos (Munns, 2002).

De uma forma geral, os principais íons que causa a toxidez nas plantas são cloretos, sódio e boro, entretanto, em solos salinos é mais comum a toxidez provocada pelo sódio e cloreto (Ayers; Westcot, 1999). Quando os íons boro, cloretos e sódio e Estes são absorvidos pelas plantas, entram no fluxo de transpiração e promove danos nas folhas, reduz o crescimento e pode influenciar negativamente a absorção dos elementos essenciais (Sá *et al.*, 2019a).

Os principais sintomas de toxidez promovida por esses íons ocorrem principalmente nas folhas. Exemplificando, os sintomas mais recorrentes provocados pelo boro, são manchas amarelas ou secas nas bordas e no ápice das folhas velhas, que se estende para as áreas interveais até o centro das folhas. Os cloretos promovem a queima no ápice das folhas e nas fases mais avançadas atinge as bordas, o que acarreta a queda prematura. Por sua vez, o sódio provoca queimaduras ou necrose pelas bordas nas folhas mais velhas, e à medida que a toxidez se intensifica avança para a área interveal e o centro da folha (Dias; Blanco, 2010).

Além disso, as altas concentrações desses íons nas plantas pode interferir na permeabilidade das membranas celulares (Taiz *et al.*, 2017), reduzindo a germinação de sementes em condições de níveis elevados de sais no meio, variando conforme a espécie (Andrade *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019c).

3.4.3. Nutricional

Outros efeitos causados de forma indireta pela salinidade da água de irrigação, geralmente ocorre devido a elevada concentração de sais na solução, influenciar negativamente as propriedades físicas do solo, assim como na disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (Medeiros; Gheyi, 1997; Dias *et al.*, 2005).

Um dos efeitos indiretos nas plantas causados pela presença de grandes quantidades de sódio trocável no solo é decorrente da compactação do solo devido a dispersão das argilas, redução da permeabilidade e retenção de água, o que restringe a penetração de raízes, e por consequência, reduz o crescimento e desenvolvimento das plantas (Dias *et al.*, 2016).

Portanto, diante de todo o exposto, devido as altas concentrações de íons específico (Na, Cl e B) pode acontecer o desequilíbrio nutricional nas plantas, causando, principalmente, a deficiência de nutrientes essenciais como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrato (Taiz; Zeiger, 2017). Por exemplo, as elevadas concentrações de Na⁺ no citosol promove mudanças na absorção e metabolismo do Ca⁺², que é substituído em membranas e paredes celulares, afetando, respectivamente, a permeabilidade e elasticidades das mesmas (Dias *et al.*, 2005). Além disso, pode reduzir processos bioquímicos e fisiológicos que dependem de K⁺, como a abertura estomática, fotossíntese, respiração e síntese de proteínas (Alvarenga *et al.*, 2019). Já o aumento da concentração de Cl⁻ no solo pode afetar a absorção de NO₃⁻ e osmorregulação (Dias; Blanco, 2010).

Assim sendo, o estresse provocado pela salinidade da água de irrigação causa o desequilíbrio nutricional. Esse efeito é comprovado pelas reduções nos teores de K^+ , Ca^{2+} e Mg nas diferentes partes das plantas (Cavalcante *et al.*, 2010).

3.5. Salinidade na cultura da acerola

A acerola apresenta boa adaptação às condições edafoclimáticas da região Nordeste, sobretudo, ao semiárido brasileiro. No entanto, o que limita o desenvolvimento dessa frutífera no semiárido brasileiro é a restrição hídrica em quantidade e qualidade, devido a presença de altos teores de sais na água dessa região, em que majoritariamente, não são tolerados pelas culturas sensíveis e moderadamente sensíveis a salinidade da água (Dias *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019a; Sá *et al.*, 2019a).

Na cultura da acerola o excesso de sais na água de irrigação pode reduzir o crescimento, fotossíntese e produção de frutos, em que no primeiro ano de cultivo os efeitos já ocorrem utilizando água a partir de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (Sá *et al.*, 2019a). Diante deste cenário limitante, diversas pesquisas têm sido realizadas para avaliar a tolerância da aceroleira a salinidade da água de irrigação.

Exemplificando, Sá *et al.* (2019a) avaliaram o cultivo da acerola cv. BRS 336-Jaburu enxertada sob irrigação com águas salinas variando de $0,6$ a $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, e constataram reduções significativas no crescimento, fotossíntese e produção de frutos já a partir da salinidade mínima avaliada no primeiro ano de cultivo. Similarmente, Lima *et al.* (2019b) testaram diferentes níveis de salinidade da água de irrigação variando entre $0,8$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo observadas diminuições no crescimento, trocas gasosas, fluorescência da clorofila “a” da aceroleira cv. Flor branca a partir nível mínimo de salinidade testado.

Em contrapartida, Sá *et al.* (2018a) constataram em plantas de aceroleira enxertadas aos 75 dias de cultivo, que a utilização de água com condutividade elétrica de até $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ não causou danos a eficiência fotoquímica e ao conteúdo relativo de água nas folhas, entretanto, diminuiu as trocas gasosas nas plantas. Já Sá *et al.* (2018b) com os mesmos tratamentos só que aos 150 dias de cultivo, encontraram redução substancial da eficiência quântica do fotossistema II, das trocas gasosas, aumento da percentagem de danos nas células foliares e inibição do crescimento das plantas utilizando água com condutividade elétrica acima $2,2 \text{ dS m}^{-1}$.

Resultados divergentes também foram encontrados por Gurgel *et al.* (2003a), quando testaram níveis de condutividade elétrica da água de irrigação variando de $0,5$ a $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ sobre

a produção de mudas de aceroleira, e observaram reduções no crescimento, percentagem de plantas emergidas, índice de velocidade de germinação. Entretanto, os autores destacam que a sensibilidade das mudas de aceroleira ao estresse salino diminui com o tempo e classificam o clone BV1 como moderadamente sensível. Porém, Gurgel *et al.* (2003b) usando os mesmos tratamentos, relatam que a velocidade de crescimento e a fotossíntese líquida da aceroleira diminuem significativamente em função do aumento da condutividade elétrica da água. Os autores ainda reforçam que o sistema radicular é o mais afetado pelos níveis salino em relação a parte aérea. Outrossim, Gurgel *et al.* (2007) também utilizando esses mesmos tratamentos salinos, constataram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduz substancialmente o crescimento e acúmulo de fitomassas das plantas de acerola.

Neste mesmo sentido, Dias *et al.* (2018) avaliaram dois extremos de condutividade elétrica da água de irrigação (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) sobre a aceroleira enxertada cv. BRS 366-Jaburu, e constataram redução significativa no crescimento e atividade fotossintética aos seis meses de cultivo. De forma semelhante, Lima *et al.* (2019c) testaram esses mesmos tratamentos e constataram perdas elevadas no peso médio de frutos a partir dos seis meses de cultivo utilizando condutividade elétrica da água de 3,8 dS m⁻¹. Por outro lado, Alvarenga *et al.* (2019) denotaram que a condutividade elétrica da água de até 4,3 dS m⁻¹ não afetaram significativamente as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e crescimento da aceroleira cv. Flor Branca.

Portanto, diante de todos esses resultados, observa-se que a condutividade elétrica da água de irrigação compromete o crescimento, fisiologia, produção e fitomassas da aceroleira. Porém, a magnitude do efeito depende da cultivar, duração do estresse, fase da planta, quantidade e tipo de sais, e principalmente, a ausência de atenuantes, como a adubação adequada de nitrogênio, fósforo e potássio.

3.6. Salinidade e adubação na cultura da acerola

A utilização de água com excesso de sais causa a diminuição do potencial hídrico, por consequência, limita o crescimento da planta, visto que as taxas de divisão e alongamento celular são diretamente influenciadas pelo processo de extensibilidade da parede celular (Sá *et al.*, 2013; Taiz *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019c). Sendo assim, o ajustamento osmótico é de fundamental importância para o crescimento das plantas, quando cultivadas sob estresse salino (Lima *et al.*, 2019a). Entretanto, a ocorrência de alguma falha no ajustamento osmótico irá

ocasionar sérios danos as plantas, que em casos mais graves, pode causar até a morte das células (Ashraf; Harris, 2004; Lima *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2018).

Dentre as alternativas para o ajustamento osmótico, o fortalecimento nutricional das plantas por meio do fornecimento de adubos, principalmente os nitrogenados, fosfatados e potássicos apresentam resultados promissores (Dias *et al.*, 2018; Sá *et al.*, 2019a, b; Lima *et al.*, 2019a, b, c; Alvarenga *et al.*, 2019). Além disso, a adubação também é fundamental para o aumento da produtividade agrícola (Malavolta *et al.*, 2002).

Embora a cultura da acerola seja considerada rústica, a qual se adapta bem aos mais diversos tipos de solos tropicais e subtropicais do planeta, é necessário um manejo nutricional e eficiente para que ocorra aumentos na produção e produtividade dos frutos (Dias *et al.*, 2018; Sá *et al.*, 2019b; Lima *et al.*, 2019a, c; Alvarenga *et al.*, 2019).

Neste sentido, diversos estudos têm demonstrado que o acúmulo de solutos orgânicos do nitrogênio, fósforo e potássio, seja isolado ou consorciado, aumenta a capacidade de ajustamento osmótico das plantas quando submetidas ao estresse salino. Por exemplo, Dias *et al.* (2018) e Lima *et al.* (2019c) constatam melhor ajustamento da aceroleira aos efeitos da salinidade com doses de potássio. Lima *et al.* (2019a, b) observaram que o nitrogênio atenua os efeitos da salinidade em plantas de aceroleira. Alvarenga *et al.* (2019) encontraram melhor ajuste osmóticos em plantas de acerola adubadas com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. Por sua vez, Sá *et al.* (2017; 2018a, b; 2019a, b) denotam melhor ajuste osmótico em plantas de acerola sob combinação das doses de nitrogênio e fósforo. Quando as plantas apresentam tolerância a salinidade da água, de uma forma geral, apresentam altos valores das relações Ca^{2+}/Na^{+} ; K^{+}/Na^{+} e NO_3^{-}/Cl^{-} nas folhas em comparação aos menos tolerantes (Sá *et al.*, 2019a; Lima *et al.*, 2019a). Desse modo, tem se buscado doses adequadas desses adubos para que ocorra reduções nessas relações e assim, potencializar o ajustamento osmótico e diminuir os efeitos tóxicos dos íons de cloretos e sódio (Gurgel *et al.*, 2007; Alvarenga *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2019c).

Nas plantas submetidas ao estresse salino, as concentrações adequadas de NO_3^{-} em relação aos cloretos podem aumentar a síntese de compostos orgânicos essenciais, tais como clorofila, enzimas, ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, Adenosina trifosfato (ATP), Nicotinamida-Adenina-Dinucleotídeo (NADH), NADPH, resultando em maior ajustamento osmótico e maior adaptação ao estresse salino (Lima *et al.*, 2016; Taiz *et al.*, 2017).

Para a cultura da acerola tem sido encontrado resultados satisfatórios quanto ao ajustamento osmótico das plantas submetidas ao estresse salino sob adubação, em que Sá *et al.* (2017, 2018a, b) denotam que aumentando em 40% na combinação das doses de nitrogênio (23,85 g de N planta ano⁻¹) e fósforo (45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹); já Lima *et al.* (2019c) mostram que 25% de potássio acima da dose recomendada (19,8 g de K₂O planta⁻¹ ano⁻¹), promove a atenuação dos efeitos danosos sobre a fisiologia, crescimento e produção de frutos causados pelo uso de água salina com condutividade elétrica de até 3,8 dS m⁻¹.

Além de serem capazes de atenuar os efeitos causados salinidade da água, o nitrogênio, fósforo e potássio são os macronutrientes essenciais mais acumulados no tecido vegetal na ausência de estresse (Taiz *et al.*, 2017). Portanto, acredita-se que doses adequadas desses macronutrientes podem aumentar a produtividade agrícola, assim como apresenta-se como uma das alternativas para viabilizar a produção agrícola sob condições de estresse salino.

3.7. Necessidade da utilização de águas salinas na agricultura

A demanda por alimentos está associada ao crescimento da população mundial, e atualmente, para garantir a segurança alimentar global é necessário aumentar a produção mundial de alimentos em cerca de 20% (FAO, 2018). No entanto, o cenário futuro é ainda pior, visto que estimativas indicam que a população mundial poderá chegar a 9,7 bilhões de habitantes até 2050 (ONU, 2019). Desse modo, é extremamente necessário otimizar os sistemas agrícolas para aumentar tanto a produção quanto a produtividade de alimentos.

No entanto, essa não tem sido uma tarefa fácil, pois a produção de alimentos requer o uso da água, que é um recurso natural cada vez mais escasso tanto em qualidade como quantidade (Medeiros *et al.*, 2019; Magalhães *et al.*, 2020). Na busca para atender a demanda alimentar global, a expansão de áreas irrigadas é constante e o uso intensivo da água de boa qualidade vem aumentando substancialmente. Sendo assim, o uso dessa água tem sido priorizado para o consumo humano e outros fins mais restritivos. Logo, para atender a demanda hídrica da agricultura a utilização de águas com qualidade inferior, tais como águas residuárias e salinas, surge como alternativas viáveis (Dias *et al.*, 2018; Alvarenga *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2019a; Medeiros *et al.*, 2019; Sá *et al.*, 2019; Magalhães *et al.*, 2020). Portanto, a principal vantagem do uso de água salina é a possibilidade de produzir alimentos e economia da água de boa qualidade.

A utilização de água salina na agricultura deve ocorrer de forma racional, manejada cuidadosamente e aplicando técnicas adequadas que viabilizem seu uso sem causar maiores danos ao solo e desenvolvimento das plantas (Cavalcante *et al.*, 2010). Contudo, as respostas das plantas a salinidade dependem do genótipo, variando de altamente susceptível a extremamente tolerante ao estresse salino. Este efeito está relacionado aos mecanismos de tolerância, como por exemplo, o ajustamento osmótico e controle na absorção e translocação dos sais (Sá *et al.*, 2013; Andrade *et al.*, 2018; Magalhães *et al.*, 2020).

Por outro lado, o uso de águas salinas na irrigação das plantas, quando manejada de forma incorreta pode restringir a emergência, crescimento, fisiologia e produção de frutos (Cavalcante *et al.*, 2010; Dias *et al.*, 2018). A irrigação das plantas utilizando água com excesso de sais, promove o acúmulo dos íons no solo, o que reduz a disponibilidade de água às plantas em função da diminuição do potencial osmótico na solução do solo, e por consequência, força a planta utilizar mais energia para absorver água (Ashraf; Harris, 2004; Lima *et al.*, 2019b). Além disso, o estresse salino afeta as plantas devido ao componente osmótico, em virtude dos elevados teores de Na^+ e Cl^- e mudanças na relação K^+/Na^+ o que promove o desequilíbrio nutricional (Sá *et al.*, 2017).

Além de causar danos negativos nas plantas, a salinização também danifica as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Munns, 2005). Alguns dos efeitos provocados pela salinidade no solo são o aumento da densidade aparente e reduções na porosidade, aeração, retenção e infiltração de água no solo pelo excesso de íons sódicos (Alvarenga *et al.*, 2019).

3.8. Solutos orgânicos e inorgânicos

As plantas desenvolvem vários mecanismos para lidar com estresses ambientais, que incluem desde a exclusão ou retenção de íons tóxicos até a seletividade no transporte de potássio (K) e sódio (Na), a redução da área foliar e a osmorregulação pelo acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos (Cova *et al.*, 2020). Em resposta à salinidade, as plantas acumulam solutos orgânicos, como carboidratos, proteínas, prolina e aminoácidos, no interior da célula, como mecanismos para atenuar os efeitos dos sais (Cova *et al.*, 2020). Destaca-se a prolina, metabólito relacionado à osmoproteção, comprovado em diversas plantas, como girassol (Azevedo Neto *et al.*, 2020), noni (Cova *et al.*, 2020) e melancia (Ó *et al.*, 2021).

Os íons inorgânicos são segregados no vacúolo, enquanto os solutos orgânicos são armazenados no citosol, embora a eficácia desse mecanismo varie entre espécies e até mesmo dentro de uma mesma espécie (Taiz *et al.*, 2017). Entre os solutos orgânicos, conhecidos como osmólitos compatíveis ou osmoprotetores, avaliados em culturas sob estresse, destacam-se prolina, carboidratos solúveis, proteínas solúveis e aminoácidos livres (Cova *et al.*, 2020). A translocação de solutos ocorre do órgão produtor (fonte-folha) para o órgão consumidor (dreno-fruto) quando necessário, sendo comum o acúmulo de solutos orgânicos de baixo peso molecular em plantas sob estresse salino (Cova *et al.*, 2020).

A desidratação celular é um desafio para plantas cultivadas em salinidade. Para preservar o turgor e o volume celular, as plantas realizam ajustes osmóticos, acumulando solutos orgânicos de baixa massa molecular, como carboidratos solúveis, prolina, aminoácidos e compostos quaternários de amônio (Cova *et al.*, 2020; Zelm; Zhang; Testerink, 2020). Além de contribuir para o ajuste osmótico, o acúmulo de solutos orgânicos protege macromoléculas e membranas contra os efeitos prejudiciais da salinidade (Silva; Azevedo Neto; Gheyi, 2019).

A capacidade de acumular solutos compatíveis varia entre espécies e influencia as contribuições relativas durante o ajuste osmótico (Rhodes; Nadolska-Orczyk; Rico, 2002). A alocação de solutos, orgânicos e inorgânicos, em diferentes órgãos, e a distribuição de íons nos tecidos foliares em estágios de desenvolvimento podem ser uma abordagem promissora para a seleção de genótipos tolerantes à salinidade.

Em condições de estresse salino, ocorre a acumulação de solutos inorgânicos em várias partes da planta, protegendo enzimas e estruturas específicas de órgãos, desempenhando um papel crucial no equilíbrio osmótico parcial da planta e evitando o acúmulo excessivo de solutos inorgânicos (Guo *et al.*, 2016). A redução no número de folhas em resposta ao estresse salino resulta do aumento da concentração de solutos na solução do solo, induzindo déficit hídrico pela diminuição do potencial osmótico (Park *et al.*, 2016).

Em plantas halófitas, a compartimentalização de íons inorgânicos no vacúolo, juntamente com o acúmulo de solutos orgânicos compatíveis no citoplasma, destaca-se como uma função proeminente e eficaz na resposta à salinidade (Paulino, 2020).

Neste cenário, é evidente que em situações de estresse, plantas e organismos sintetizam e acumulam solutos compatíveis, desempenhando o papel de osmoprotetores (Nahar; Hasanuzzaman; Fujita, 2016). Plantas cultivadas sob salinidade mostram variações na concentração de compostos orgânicos, como carboidratos solúveis, glicina betaína, prolina e

proteínas solúveis, realizando ajuste osmótico (Coelho *et al.*, 2016), com a prolina e a glicina betaína destacando-se em plantas tolerantes à salinidade (Torre-González *et al.*, 2018). Apesar da alta concentração no citoplasma, os solutos sintetizados pelas plantas para o ajuste osmótico não causam efeitos tóxicos, permitindo a manutenção do turgor e a proteção de estruturas macromoleculares, dependendo do grau de estresse (Mansour; Ali, 2017). A prolina desempenha papéis diversos em situações de estresse, incluindo a estabilização de proteínas e a proteção de estruturas celulares contra espécies reativas de oxigênio (EROs) (Salinas *et al.*, 2013). Há uma forte correlação entre o aumento nos níveis de prolina e a tolerância das culturas à salinidade, uma vez que seu acúmulo, junto com outros solutos orgânicos, neutraliza o estresse osmótico causado pela salinidade (Torre-González *et al.*, 2018).

3.9. Atividade das enzimas antioxidantes

A influência restritiva do excesso de Na⁺ e Cl⁻ a níveis perigosos pode ser tóxica para as plantas e prejudicar praticamente todas as funções fisiológicas e bioquímicas. Essas disfunções afetam mecanismos críticos relacionados às plantas, incluindo absorção de água, absorção de nutrientes, expressão gênica e proliferação e alongamento celular, provavelmente devido a impactos desfavoráveis do baixo potencial osmótico criado ao redor da semente (Guo *et al.*, 2020).

O estresse salino médio leva ao acúmulo de prolina livre e carboidratos solúveis nas plantas (L\ *et al.*, 2022). Esses metabólitos protegem as células do estresse osmótico e iônico, estabilizando e protegendo enzimas, proteínas e membranas, reduzindo a oxidação lipídica e fornecendo substratos para o desenvolvimento do tecido embrionário. Isso pode ser observado em halófitas sob salinidade, onde se acumulam moléculas de prolina e derivados de açúcar (Wang *et al.*, 2022). O acúmulo de prolina, carboidratos e outros osmólitos, desempenham um papel significativo na manutenção do potencial hídrico celular (Berka; Aid, 2019).

A regulação do metabolismo através de mecanismos de defesa enzimática pode aumentar as espécies reativas de oxigênio (EROs) nas sementes em germinação sob estresse. Esta regulação é frequentemente associada a aumentos significativos nas NADPH oxidases, peroxissomos e glioxissomos ligados à membrana plasmática, considerados as fontes mais potentes de acúmulo de EROs (Brito *et al.*, 2020). Quando grandes quantidades de ERO estão presentes, são causados danos às proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Portanto, quando não

reguladas adequadamente, as enzimas antioxidantes promovem a germinação e crescimento, no entanto pode restringindo sua produção (Bose; Howlader, 2020).

A superóxido dismutase (SOD) é a linha inicial de defesa contra danos celulares. Ela neutraliza o radical superóxido mais poderoso (O_2^-), convertendo-o em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio (O_2) inofensivos. O H_2O_2 , produzido como subproduto da atividade da SOD, é então eliminado através de sua conversão em H_2O . Seu nível é regulado pelas enzimas ascorbato peroxidase (APX), peroxidase (POX) e catalase (CAT). Além disso, o H_2O_2 criado nos peroxissomos pelas oxidases envolvidas na beta-oxidação dos ácidos graxos deve ser removido, tornando a CAT uma enzima essencial. A CAT elimina a maior parte do H_2O_2 , enquanto a peroxidase de fenóis (POX) elimina os vestígios restantes. A via ascorbato-glutationa, da qual o APX faz parte, também é crítica para eliminar H_2O_2 e proteger contra a peroxidação lipídica e danos à membrana (Al-Farsi *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2009).

A atividade antioxidante pode fornecer uma forma de aumentar a tolerância ao sal, embora os mecanismos precisos sejam desconhecidos. Entre os modelos de plantas crescem sob estresse salino, foram identificadas alterações significativas na atividade de enzimas antioxidantes. Essas plantas poderiam controlar o transporte de íons e água e possuir um sistema enzimático para remover efetivamente ERO (Zhang *et al.*, 2019).

Além disto, a superóxido dismutase é uma defesa antioxidante de organismos aeróbios que catalisa a redução do ânion superóxido em peróxidos, que são eliminados por CAT.; ascorbato peroxidase (APX) e outras enzimas comuns. Em plantas, as isoformas de SOD. estão localizadas nas mitocôndrias (Mn-SOD), citosol (/Zn-SOD) e cloroplastos (Fe-SOD) com diferentes funções fisiológicas (Oliveira *et al.*, 2018; Gawlik-Dzik, 2014).

Existem mecanismos eficientes em plantas que podem lidar com um certo grau de sal para capturar e eliminar EROs. A atividade da catalase está favoravelmente ligada aos índices de resistência ao estresse e negativamente correlacionada com a degradação do sistema de membrana mitocondrial, lema plasmático e cloroplastos. Além disso, resultados semelhantes foram demonstrados para a atividade da peroxidase (Bouallègue *et al.*, 2019; Latique *et al.*, 2017).

4. REFERÊNCIAS

ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. Especial, p. 541 - 545, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500073>.
AL-FARSI, S. M.; NAWAZ, A.; NADAF, S. K.; AL-SADI, A. M.; SIDDIQUE, K. H.; FAROOQ, M. Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in lucerne (Medicago sativa). **Crop and Pasture Science**, Camberra, v. 71, n. 5, p. 411 - 428, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.020>.

ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002.

ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 194 - 205, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18215>.

ANDRADE, J. R.; MEDEIROS, A. S.; MAIA JÚNIOR, S. O.; REZENDE, L. P.; ARAÚJO NETO, J. C. Germination and morphophysiology of passion fruit seedlings under salt water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 3, p. 229 - 236, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v48s2710>.

ARAÚJO, E.B.G.; NOBRE, R.G.; SOUZA, L.P.; FÁTIMA, R.T.; ARAÚJO, S.C.A.; OLIVEIRA, S.G. Physiology and phytomass of cashew rootstocks in saline water and organic fertilization. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 13, n. 3, p. 1001 - 1017, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p1001-1017>.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MAIA, G. A.; PAIVA, J. R. β -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 104 - 107, 2007.

ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994.

ARGHAVANI, M.; ZAEIMZADEH, A.; SAVADKOOHI, S.; SAMIEI, L. Salinity tolerance of Kentucky bluegrass as affected by nitrogen fertilization. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Teerã, v. 19, n. 1, p. 173 - 183, 2017.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, [s. l.], v. 166, n. 1, p. 3 - 16, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: EDUEPB, 1999. 153p.

AZEVEDO NETO, A. D.; MOTA, K. N. A. B.; SILVA, P. C. C.; COVA, A. M. W.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Selection of sunflower genotypes for salt stress and mechanisms of salt tolerance in contrasting genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, e020120, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202044020120>

BATOOL, S.; KHAN, S.; BASRA, S.M.A. Foliar application of moringa leaf extract improves the growth of moringa seedlings in winter. **South African Journal of Botany**, Johannesburg, v. 129, n. 6, p. 347 - 353, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.040>

BERKA, S.; AİD, F. Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. **Science et Changements planétaires/Sécheresse**, v. 20, n. 3, p. 296 - 302, 2009.

BOSE, S. K.; HOWLADER, P. Melatonin plays multifunctional role in horticultural crops against environmental stresses: A review. **Environmental and Experimental Botany**, [s. l.] v. 176, p. 104063, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104063>

BOUALLÈGUE, A.; SOUISSI, F.; NOUAIRI, I.; SOUIBGUI, M.; ABBES, Z.; MHADHBI, H. Physiological and biochemical changes modulated by seeds' priming of lentil (*Lens culinaris* L.) under salt stress at germination stage. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, Lublin, v. 18, n. 5, p. 27 - 38, 2019.

BRITO, V. C.; ALMEIDA, C. P. DE; BARBOSA, R. R.; CAROSIO, M. G.; FERREIRA, A. G.; FERNANDEZ, L. G.; RIBEIRO, P. R. Overexpression of *Ricinus communis* L. malate synthase enhances seed tolerance to abiotic stress during germination. **Industrial Crops and Products**, [s. l.] v. 145, p. 112110, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112110>

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C. E. C.; GONZALEZ, M. G. N.; POPPER, I. O. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* DC): UEL 3 - Dominga, UEL 4 - Lígia e UEL 5 - Natália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 124 - 126, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000100027>.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n. 1, p. 251 - 261, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000037>.

CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; RODRIGUES, R. S. Estabilidade da vitamina c em néctar de acerola sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 321 - 327, 2013.

COELHO, J. B. M.; NETO, E. B.; BARROS, M. D. F. C.; DE ALBUQUERQUE, E. R. G. M. Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos no feijão vigna submetido ao estresse salino. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 13/14, p. 242 - 256, 2016.

COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; SILVA, P. C. C.; MENEZES, R. V.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Physiological and biochemical responses and fruit production of noni

(*Morinda citrifolia*L.) plants irrigated with brackish water. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 260, 108852, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108852>

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of west indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 628 - 633, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p628-633>.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTA Sal, 2010, p. 129 - 141.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeito dos sais nas plantas e tolerância das plantas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.151 - 162.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 146 - 151, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000400009>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of food security and nutrition in the world 2018**. Building climate resilience for food security and nutrition. Roma: FAO, 2018. Disponível em: https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000074343/download/?_ga=2.135087601.1160655008.1614866747-636464433.1614866747 Acesso em 14 fev. 2021.

FERREIRA, J. G. Território das secas do semiárido brasileiro: clima, identidade e sociedade. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v.6, p.440–465, 2024. <https://doi.org/10.46551/rvg26752395220241440465>

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 395 - 400, 2006.

GAWLIK-DZIKI, U. Modificação do sistema de defesa oxidativa *in vitro* enzimático e não enzimático por fitonutrientes bioacessíveis de especiarias selecionadas. **LWT Food Science**, [s. l.], v. 57, p. 434 – 441, 2014.

GUO, J.; DU, M.; TIAN, H.; WANG, B. Exposure to high salinity during seed development markedly enhances seedling emergence and fitness of the progeny of the extreme halophyte *Suaeda salsa*. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 11, p. 1291, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01291>

GUO, Y. Y.; YU, H. Y.; KONG, D. S.; YAN, F.; ZHANG, Y. J. Effects of drought stress on growth and chlorophyll fluorescence of *Lycium ruthenicum* Murr. seedlings.

Photosynthetica, Praga, v. 54, n. 4, p. 524-531, 2016.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L. Uso de águas salinas na produção de mudas enxertadas de aceroleira. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 2, p. 16 - 23, 2007.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Estresse salino na germinação e formação de porta-enxerto de aceroleira.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 31-36, 2003a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000100006>.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 451 - 456, 2003b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300007>.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso em 23 abr. 2021.

LATIQUE, S.; MOHAMED AYMEN, E.; HALIMA, C.; CHÉRIF, H.; MIMOUN, E. K. Alleviation of salt stress in durum wheat (*Triticum durum* L.) seedlings through the application of liquid seaweed extracts of *Fucus spiralis*. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s. l.], v. 48, n. 21, p. 2582 - 2593, 2017.

LI, W.; MENG, R.; LIU, Y.; CHEN, S.; JIANG, J.; WANG, L.; GUAN, Z. Heterografted chrysanthemums enhance salt stress tolerance by integrating reactive oxygen species, soluble sugar, and proline. **Horticulture Research**, Oxford, v. 9, p. uhac073, 2022.

LIMA, G. S.; ANDRADE, E. M. G.; KETOUNOU, T. R.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A. Photosynthesis, photochemical efficiency and growth of West Indian cherry cultivated with saline waters and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 67 - 78, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-41156>

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. A. R.; SILVA, E. M. Gas exchanges and production of West Indian cherry cultivated under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 6, sup. 2, p. 2947 - 2960, 2019a. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p2947>.

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,

Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 250 - 256, 2019c. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p250-256>.

LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 4, p. 513 - 522, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v7i4.1671>.

LIMA, G. S.; SILVA, A. R. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A.A. Physicochemical quality of fruits of west indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 217 - 225, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n123rc>.

MAGALHÃES, I. D.; MELO, A. S.; FERNANDES, P. D.; QUEIROZ, M. F.; ARRIEL, N. H. C.; FERRAZ, R. L. S.; SUASSUNA, J. F.; MAIA JÚNIOR, S. O.; MEDEIROS, A. S.; VIEGAS, P. R. A.; COSTA, F. S.; COSTA, P. S. Gas exchange, photochemical efficiency, and yield of *Jatropha curcas* irrigated with saline water. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 14, n. 5, p. 802 - 809, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.05.p2247>.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 200p. 2002.

MANSOUR, M.; ALI, E. Glycinebetaine in saline conditions: an assessment of the current state of knowledge. **Acta Physiologiae Plantarum**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 56, 2017.

MEDEIROS, A. S.; MAIA JÚNIOR, S. O.; GONZAGA, G. B. M.; SANTOS, T. C.; QUEIROZ, M. M. F.; ARAÚJO NETO, R. A.; MAGALHÃES, I. D.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; ANDRADE, J. R.; PEREIRA, M. O. Growth of okra under nitrogen rates and wastewater in the Brazilian semiarid region. **Journal of Agricultural Science**, Ontário, v. 11, p. 408 - 418, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n5p408>.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, p. 239 - 284, 1997.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 239 - 250, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, Lancaster, v. 167, p. 645 - 663, 2005.

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

NAHAR, K.; HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M. Roles of osmolytes in plant adaptation to drought and salinity. In: IQBAL, N; NAZAR, R.; KHAN, N. A. (eds.) **Osmolytes and plants acclimation to changing environment: Emerging omics technologies**. New Delhi: Springer, 2016, p. 37 - 68.

Ó, L. M. G.; COVA, A. M. W.; GHEYI, H. R.; SILVA, N. D.; AZEVEDO NETO, A. D.; RIBAS, R. F. Aspectos bioquímicos e fluorescência da clorofila em plantas de minimelancia hidropônica sob estresse salino. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 221 - 239, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p221-239>

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, A.; TESTERINK, C. Mecanismos de tolerância a sais de plantas. **Annual Review of Plant Biology**, [s. l.] v. 71, n. 1, p. 403 - 433, 2020.

OLIVEIRA, O. M.; AKINLOYE, O. A. Antioxidantes de defesa de primeira linha - superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPX): seu papel fundamental em toda a rede de defesa antioxidante. **Alexandria Journal of Medicine**, Alexandria, v. 54, p. 287 – 293, 2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **2019 Revision of world population prospects**. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>. Acesso em 13 mar. 2021).

PARK, H. J.; KIM, W. Y.; YUN, D. J. A new insight of salt stress signaling in plant. **Molecules and Cells**, [s. l.], v. 39, n. 6, p. 447, 2016.

PAULINO, M. K. S. S. **Função dos tricomas vesiculares na tolerância à salinidade em *Atriplex nummularia***. 2020. 87 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

RAHNESHAN, Z. NASIBI, F. MOGHADAM, A. A. Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. **Journal of Plant Interactions**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 73 - 82, 2018.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 85, p. 158 - 169, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.020>.

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production** Roma: FAO, 1992. 134p.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 260, p. 1 - 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108901>.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 264, p. 17 - 25, 2011.

RODRIGUES, D.; NADOLSKA-ORCZYK, A.; RICH, P. J. Salinidade, osmólitos e solutos compatíveis. In: LAÛCHLI, A.; LÜTTGE, U. (eds.) **Salinidade: Ambiente - plantas - moléculas**. Dordrecht: Kluwer Editora Acadêmica, p. 181 - 204, 2002.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1047 - 1054, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000004>.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; PAIVA, E. P.; SOUTO, L. S. Exogenous application of phytohormones mitigates the effect of salt stress on Carica papaya plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, p. 170 - 175, 2020.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. The right combination of N-P-K fertilization may mitigate salt stress in custard apple (*Annona squamosa* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, [s. l.], v. 43, n. 9, 2021.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; MOREIRA, R. C. L.; DIAS, A. S.; SILVA, L. A.; SOARES, L. A. A.; MELO, A. S.; FERREIRA NETO, M. Physiological indices of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) irrigated with saline water under nitrogen and phosphorus doses. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 13, n. 7, p. 1141 - 1148, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.07.p1650>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; FERNANDES, P. D.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; FERREIRA NETO, M. Water relations and gas exchanges of West Indian cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. **Journal of Agricultural Science**, Ontário, v. 9, n. 10, p. 168 - 177, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v9n10p168>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; LACERDA, C. F.; FERNANDES, P. D. Saline water, nitrogen and phosphorus on water relations and physiological aspects of West Indian cherry. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 9, n. 3, p. 430 - 437, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/CS.v9i3.2781>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of West Indian cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 3, p. 158 - 163, 2018a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n3p158-163>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. 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**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 211 - 221, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-41742>.

SALINAS, R.; SÁNCHEZ, E.; RUÍZ, J. M.; LAO, M. T.; ROMERO, L. Proline, Betaine, and Choline Responses to Different Phosphorus Levels in Green Bean. **Communications in soil science and plant analysis**, [s. l.], v. 44, n. 1 - 4, p. 465 - 472, 2013.

SANTOS, T. S. R.; LIMA, R. A. Cultivo de *Malpighia emarginata* L. no Brasil: uma revisão integrativa. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 8, n. 4, p. 333 – 338, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n4.santos>.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 1092 – 1101, 2020.

SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; BARBOSA, J. L.; PIMENTA, T. A.; FÁTIMA, R. T.; ELIAS, J. J. Growth and gas exchange of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 1, p. 1 - 9, e5677, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a6333>

SILVA, J. D. O.; SANTOS, D. E. L.; ABUD, A. K. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. Characterization of acerola (*Malpighia emarginata*) industrial waste as raw material for thermochemical processes. **Waste Management**, [s. l.], v. 107, p. 143 - 149, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.037>.

SILVA, J. P. S.; LIMA, C. M. D. Uso de poços artesianos salinos em modelo produtivo de feijão de corda (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 6, n. 1, p. 1807 - 1817, 2021.

SILVA, P. C. C.; AZEVEDO NETO, A. D. de; GHEYI, H. R. Mobilização de reservas de sementes pré-tratadas com H₂O₂ durante a germinação e estabelecimento de plântulas de girassol sob salinidade. **Revista de Nutrição Vegetal**, Santa Maria, v. 42, n. 18, p. 2388-2394, 2019.

SILVA, W. C.; SANTOS, C. V. Desempenho e fontes de crescimento da fruticultura tropical e subtropical no Brasil. **Política Agrícola**, Brasília, Ano XXIX, n. 4, p. 113 – 130, out./dez. 2020.

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 390 - 394, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400010>.

SOUSA, G. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, Í. H. L.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; NASCIMENTO, J. A. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172 - 180, 2008.

SOUZA, A. G.; MARINHO, C. S.; SILVA, M. P. S.; CARVALHO, W. S. G.; CAMPOS, G. S.; PESTANA, B. A. Guava seedlings with rootstocks or interstocks and their reaction to salinity. **Bragantia**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 74 - 82, 2020.

SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. L. S. Formation of ‘Crioula’ guava rootstock under saline water irrigation and

nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 8, p. 739 - 745, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p739-745>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TAVARES, R. P.; SALOMÃO, B. C. M. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de resíduo de acerola (*Malpighia emarginata*) in natura e liofilizado. In: CORDEIRO, C. A. M. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**. 1. ed.; Guarujá: Editora Científica, 2020. p. 218 – 231.

TAVARES FILHO, G. S.; SILVA, D. F.; MASCARENHAS, N. M. H.; LINS, R. C.; OLIVEIRA, F. F.; ARAÚJO, C. A. S.; MATIAS, S. S. R.; ARAUJO, C. A. F. Qualidade da água no semiárido e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da *Moringa oleifera* Lam. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 43, n. 3, p. 293 - 301, 2020.

TORRE-GONZÁLEZ, A. *et al.* Influence of the proline metabolism and glycine betaine on tolerance to salt stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) commercial genotypes. **Journal of Plant Physiology**, [s. l.], v. 231, p. 329 - 336, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.10.013>

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, [s. l.], v.71, n.2, p.195-198, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00152-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00152-7).

VIDAL, M. F. Comportamento recente da fruticultura na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, Recife, ano 2, n. 15, 2017.

WANG, L.; DU, M.; WANG, B.; DUAN, H.; ZHANG, B. WANG, D.; WANG, J. Transcriptome analysis of halophyte *Nitraria tangutorum* reveals multiple mechanisms to enhance salt resistance. **Scientific Reports**, Londres, v. 12, n. 1, p. 14031, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17839-z>

WANG, W. B.; KIM, Y. H.; LEE, H. S.; KIM, K. Y.; DENG, X. P.; KWAK, S. S. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. **Plant physiology and Biochemistry**, [s. l.], v. 47, n. 7, p. 570 - 577, 2009.

YADAV, S. P.; BHARADWAJ, R.; NAYAK, H.; MAHTO, R.; SINGH, R. K.; PRASAD, S. K. Impact of salt stress on growth, productivity and physicochemical properties of plants: A Review. **International Journal of Chemical Studies**, Nova Deli, v. 7, p. 1793 - 1798, 2019.

ZHANG, M.; LIU, S.; TAKANO, T.; ZHANG, X. The interaction between AtMT2b and AtVDAC3 affects the mitochondrial membrane potential and reactive oxygen species generation under NaCl stress in Arabidopsis. **Planta**, [s. l.], v. 249, p. 417 - 429, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3010-y>

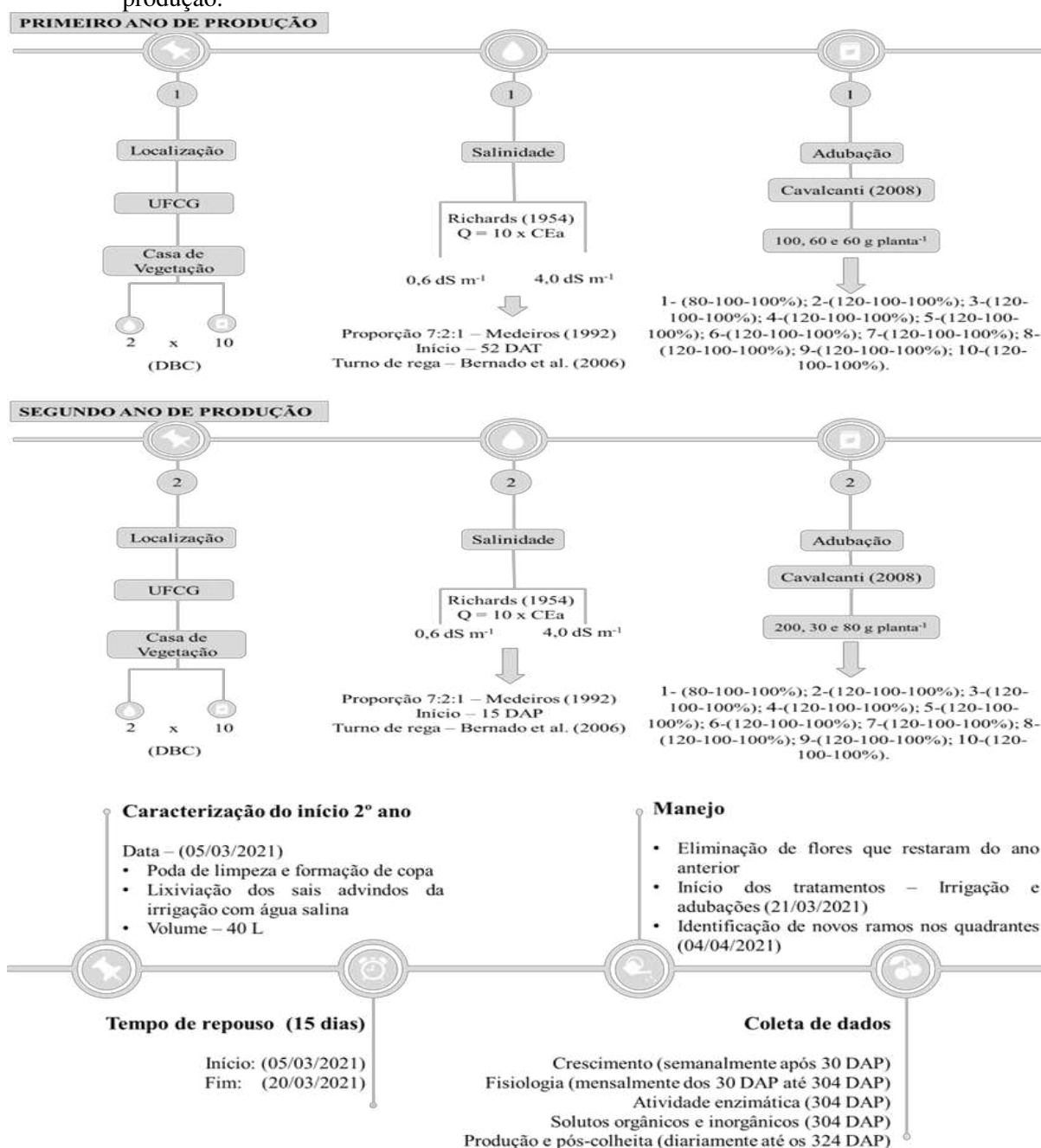
MATERIAL E MÉTODOS – GERAL

1. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

1.2 Descrição e localização da pesquisa e área experimental

A pesquisa consistiu na continuidade de um experimento anterior, iniciado em 02/03/2020 e finalizado em 05/03/2021, representando o primeiro ano de produção (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de execução temporal do experimento, durante o primeiro e segundo ano de produção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A pesquisa foi desenvolvida sob condições de casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande- PB, situado nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste 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).

1.2 Instalação e condução durante o primeiro ano de produção

1.2.1 Tratamentos no primeiro ano de cultivo

Na condução do primeiro ano de cultivo, os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 2 x 10, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa 0,6 e 4,0 dS m⁻¹) e dez combinações adubação com nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O): (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120; 100-100-140% da recomendação de N-P₂O₅-K₂O), com três repetições e uma planta por parcela, distribuídas no espaçamento de 1,8 x 2,0.

Os níveis salinos foram estabelecidos conforme estudos realizados por Silva *et al.* (2020) e Sá *et al.* (2020), que classificaram a cultura da aceroleira como moderadamente sensível à salinidade da água de irrigação, por sofrer declínio na produção relativa ao ser irrigada com água de condutividade elétrica da água (CEa) a partir de 1,16 dS m⁻¹ na formação de mudas, e de 2,2 dS m⁻¹ durante o crescimento e produção da cultura.

O manejo de adubação foi baseado na recomendação de adubação para cultura da aceroleira irrigada proposta por Cavalcanti (2008), utilizando como fontes de fertilizantes nitrogenado (sulfato de amônio 22% de N), potássico (cloreto de potássio 60% K₂O) e fosfatado (MAP 61% P₂O₅).

1.2.2 Cultura utilizada

As mudas de aceroleira foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças, localizado no Distrito de São Gonçalo, município de Sousa – PB. Estas foram cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 x 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 dm³, enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando porta-enxerto e

enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente e irrigadas com água de baixa salinidade ($0,24 \text{ dS m}^{-1}$). As mudas foram transplantadas para vasos adaptados como lisímetros.

1.2.3 Caracterização dos vasos e solo usados no primeiro ano de produção

Após o transplântio das mudas de aceroleira para os vasos adaptados como lisímetros, estas passaram por um período de aclimação correspondente a 52 dias antes do início da aplicação das águas salinizadas. Para a condução da aceroleira foram usados lisímetros com capacidade de 235 kg de solo (Figura 2A), possuindo na sua base dois furos para instalação de dois drenos para permitir a drenagem (2B). As extremidades dos drenos no interior dos lisímetros foram envolvidas por um tecido geotêxtil Bidin com a finalidade de evitar o entupimento dos drenos (2C). Abaixo de cada dreno havia um recipiente plástico de 2 L de capacidade (Figura 2D) para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta.

Figura 2. Visão geral do experimento, mostrando detalhe do vaso com os lisímetros preenchidos com solo (A), drenos para drenagem (B), tecido geotêxtil para evitar entupimento dos drenos (C) e recipientes plásticos para coleta de água drenada (D) durante o cultivo da aceroleira.



Fotos: Arquivo pessoal do Dr. Leandro Pádua.

As plantas foram transplantadas para os vasos adaptados como lisímetros preenchidos com 235 kg de solo (Figura 2) classificado como Neossolo Regolítico (*Psamments* - United States, 2014), proveniente do município de Riachão do Bacamarte – PB, coletado na profundidade de 0-20 cm (horizonte A), cujas características químicas e físico-hídricas foram determinadas de acordo com Teixeira *et al.* (2017) e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas										
pH H ₂ O	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmolc kg ⁻¹							
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,90	5,40	0,90			
Características químicas					Características físicas					
CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	SB	V	Fração das partículas (g kg ⁻¹)			Teor de umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmolc kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	cmolc kg ⁻¹	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	21,95	0,16	2,3	21,05	95,89	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

–H - Potencial de Hidrogênio; –M O - Matéria Orgânica: Walkley-Black Wet Digestão; Ca²⁺ e Mg²⁺ - Extraídos com 1 M KCl a pH 7,0; Na⁺ e K⁺ - Extraídos com NH₄OAc 1 M a pH 7,0; Al³⁺ + H⁺ - Extraído com CaOAc 0,5 M a pH 7,0; –CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; –CTC - Capacidade de troca catiônica; –RAS_{es} - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; –PST - Porcentagem de sódio trocável; –SB - Soma das bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺); –V - Saturação por bases ([SB/CTC] × 100); ¹⁻² - Referente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente

1.2.4 Manejo das podas para formação da copa

Ao longo do experimento foram realizadas podas de formação e frutificação, visando à padronização e adequação da cultura ao ambiente protegido, com espaçamento 1,8 x 2,0 m entre plantas e entre linhas. As plantas foram conduzidas em haste única, tendo sua gema apical podada com 50 cm de altura, para estimular as brotações das gemas laterais, durante o primeiro ano de produção (Figura 3A). Nos ramos laterais que surgiram, foram realizadas podas de formação, deixando-se três ramos bem localizados em diferentes alturas próximo ao ápice, distribuídos simetricamente em espiral (Figura 3B). Estes, denominados ramos primários, foram a estrutura base da copa, que foram podados quando atingiram 25 cm de comprimento, de modo a estimular a brotação de ramos secundários e controlar o crescimento lateral, para adequação das plantas ao espaçamento no pomar.

Figura 3. Poda da gema apical (A) para estimular as brotações das gemas laterais e poda de formação da copa (B).



Fotos: Arquivo pessoal do Dr. Leandro Pádua.

1.2.5 Preparo das águas e manejo da irrigação

As águas salinas foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na água de abastecimento local (0,38 dS m⁻¹) na proporção equivalente de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água utilizadas para irrigação no Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992) obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (Richards, 1954) conforme equação 1.

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

Aplicação das águas salinas tiveram início aos 52 dias após o transplantio (DAT), com turno de rega variando de dois a três dias, conforme o crescimento das plantas e a necessidade de aumentar o volume de irrigação baseando-se no princípio da lisimetria de drenagem (Bernardo *et al.*, 2006), acrescida uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 90 dias, cujo volume de lixiviação era baseada na quantidade de água aplicada neste período.

1.2.6 Manejo das adubações

O manejo de adubação foi baseado na recomendação de adubação para cultura da aceroleira irrigada proposta por Cavalcanti (2008), utilizando como fontes de fertilizantes nitrogenados (sulfato de amônio 22% de N), potássico (cloreto de potássio 60% K₂O) e fosfatado (MAP 61% P₂O₅), sendo aplicados 100, 60 e 60 g planta⁻¹ de NPK, durante o primeiro ano de produção, dissolvendo-se os fertilizantes em respectiva água (0,6 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹) conforme tratamento.

1.3 Condução do experimento no segundo ano de produção

1.3.1 Instalação e condução da pesquisa

Durante o segundo ano de produção, o experimento permaneceu nas mesmas condições de instalações do primeiro ano, entretanto, consistiu na condução da cultura da aceroleira durante o seu segundo ano de produção, iniciando-se em 05 de março de 2021.

Para iniciar o segundo ano de produção, foi realizada uma poda que determinou o fim do primeiro ano de produção. Neste sentido, as plantas passaram por um período de 15 dias de repouso, não recebendo irrigação e adubação. Após esse período, foi iniciado o segundo ano de produção. Além de caracterizar o final do primeiro ciclo produtivo, conforme Calgaro e Braga (2012), esta poda também objetivou estimular a produção da cultura, bem como reduzir a altura da copa, facilitando as práticas de manejo e colheita, mantendo o padrão do pomar com uma copa bem arejada, que possibilite a penetração da luz do sol.

Durante o segundo ano de produção, a condução, coleta e análise dos dados foi planejada para ser realizada em dois ciclos produtivos da cultura, os quais possuem duração de aproximadamente seis meses cada, o que seriam de março a agosto de 2021 e o segundo ciclo produtivo de setembro de 2021 a fevereiro de 2022. Contudo, devido algumas problemáticas, como amplitude térmica (máxima 34 °C e mínima de 16 °C), infestação de ácaros e cochonilhas, consequentemente fumagina, não foi possível a execução de dois ciclos produtivos durante o segundo ano de produção. Diante disso, os dados foram computados como segundo ano de produção e não como ciclos produtivos, como descrito para o primeiro ano de produção.

1.3.2 Tratamentos e delineamento estatístico do segundo ano de produção

Na condução do experimento durante o segundo ano de produção, os tratamentos permaneceram arranjados em esquema fatorial 2 x 10, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) e dez combinações adubação com nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O): i) 80-100-100; ii) 100-100-100; iii) 120-100-100; iv) 140-100-100; v) 100-80-100; vi) 100-120-100; vii) 100-140-100; viii) 100-100-80; ix) 100-100-120; x) 100-100-140% da recomendação de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente), com três repetições e uma planta por parcela, distribuídas no espaçamento de 1,8 x 2,0.

1.3.3 Preparo das águas e irrigação do segundo ano de produção

O preparado das águas salinas seguiu a mesma metodologia descrita para o primeiro ano de produção, as quais foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na água de abastecimento local (0,38 dS m⁻¹) na proporção equivalente de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água utilizadas para irrigação no Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992) obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (Richards, 1954) conforme equação 2.

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

A aplicação das águas salinas se iniciou 15 dias após aplicação da fração de lixiviação (40 litros), com turno de rega variando de dois a três dias, conforme o crescimento das plantas e a necessidade de aumentar o volume de irrigação baseando-se no princípio da lisimetria de drenagem (Bernardo *et al.*, 2006), acrescida uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 90 dias, cujo volume de lixiviação era baseada na quantidade de água aplicada neste período.

1.3.4 Adubação da aceroleira no segundo ano de produção

O manejo de adubação foi baseado na recomendação de adubação para cultura da aceroleira irrigada proposta por Cavalcanti (2008), utilizando como fontes de fertilizantes nitrogenados (sulfato de amônio 22% de N), potássico (cloreto de potássio 60% K₂O) e fosfatado (MAP 61% P₂O₅), sendo aplicados 200, 30 e 80 g planta⁻¹ de NPK durante o segundo ano de produção.

Após a realização da poda, ao final do primeiro ano de produção, foi aplicado um volume de 40 litros de água para lixiviação dos sais, seguindo de um período de 15 dias de

repouso para formação da nova copa, onde as plantas não foram irrigadas e adubadas, para então iniciar os estudos das fontes de variação (adubação e salinidade da água). Ressalte-se que, durante o período de repouso, as flores foram eliminadas.

As adubações foram realizadas quinzenalmente, dissolvendo-se os fertilizantes conforme condutividade elétrica da água ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$) e combinações de adubação, durante três dias seguidos, sendo aplicadas, respectivamente, as adubações potássicas, fosfatadas e nitrogenadas. Paralelamente às fertilizações com N, P e K descritas anteriormente, também foram realizadas quinzenalmente as adubações com micronutrientes, tendo como fonte o fertilizante foliar Quimifol Nutri, que possui 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro, 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco. O fertilizante foi diluído em água, conforme recomendação do fabricante, na proporção de $0,5 \text{ g L}^{-1}$ e então foi aplicado através de pulverização direta sobre as folhas da aceroleira utilizando pulverizador costal.

1.4 Variáveis analisadas

Nesta pesquisa, foram avaliadas variáveis de crescimento, fisiologia (trocas gasosas, fluorescência da clorofila “a”, pigmentos fotossintéticos, extravasamento de eletrólitos e teor relativo de água na folha), solutos orgânicos e inorgânicos, atividade enzimática, produção e qualidade pós-colheita.

As variáveis de crescimento foram realizadas a partir da identificação prévia dos novos ramos em quadrantes (Norte, Sul, Leste e Oeste), aos 64 dias após a poda (DAP), e a partir deste momento, avaliou-se a cada 60 dias.

As variáveis de trocas gasosas analisadas aos 64 DAP, foram: 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 ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água - $E_i\text{UA}$ (A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]) e eficiência instantânea da carboxilação - $E_i\text{Ci}$ (A/C_i [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})$]), através de um equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda.

A fluorescência da clorofila “a” foi avaliada aos 64 DAP, a partir das determinações da fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m'), taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II (YII), fluorescência mínima do tecido vegetal

iluminado (F_0'), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ), e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO), utilizando-se de um fluorímetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; adotando-se o protocolo Fv/Fm. Tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de, no mínimo, 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos (Sá et al., 2015).

Os pigmentos fotossintéticos foram obtidos aos 64 DAP, a partir da quantificação dos teores de carotenoides, clorofila total, clorofila “a” e “b”, expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

Aos 64 DAP, foram iniciadas as avaliações do extravasamento de eletrólitos (% EE) na membrana celular sob condições de estresse salino pela capacidade de ruptura da membrana celular. Neste mesmo período, também foi realizada avaliações do teor relativo de água (TRA) no limbo foliar, avaliando-se três folhas de cada planta.

Aos 304 DAP, foram determinados os teores de solutos orgânicos e inorgânicos, sendo: carboidratos solúveis (CAR), aminoácidos livres (AMI), prolina livre (PRO) e proteínas solúveis (PRT); e concentrações de cloro (Cl^-), sódio (Na^+) e potássio (K^+).

As atividades enzimáticas analisadas foram: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), determinadas a partir da coleta de folhas em ramos previamente identificados em quadrantes, aos 304 DAP.

Apesar de as variáveis de crescimento e fisiologia (trocas gasosas, fluorescência da clorofila “a”, pigmentos fotossintéticos, extravasamento de eletrólitos e teor relativo de água na folha), terem sido avaliadas semanalmente e aos 64 DAP, respectivamente, nesta pesquisa foram apresentados apenas os resultados das avaliações realizadas aos 304 DAP, contudo, no ANEXO A, são apresentados os demais resultados das avaliações aos 64; 124; 184; 244 e 364 DAP.

Para avaliação dos dados de produção, foram analisadas variáveis, como: peso total dos frutos (PTF, g), número total de frutos (NTF), peso médio de frutos (PMF, g), os diâmetros polares (DP - mm) e equatorial (DE - mm).

Para avaliação da pós-colheita, foram quantificados os parâmetros físico-químicos das polpas de acerolas, determinando-se os sólidos solúveis totais (SST, °Brix), o potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT, % ácido cítrico), índice de maturação ratio (SST/AT), o teor de vitamina C (VTC, mg ácido ascórbico 100g^{-1}), os açúcares redutores (ACR,

g 100g⁻¹) os compostos fenólicos totais (COF, mg 100g⁻¹) as antocianinas (ANT, mg 100g⁻¹) e os flavonoides (FLA, mg 100g⁻¹).

Ressalta-se que, nos capítulos correspondentes a cada variável, serão apresentadas informações mais detalhadas sobre o processo avaliativo de cada uma delas.

1.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados por meio teste de normalidade e de homogeneidade de variâncias, sendo posteriormente realizado análise de variância pelo teste 'F' para as combinações de adubação e condutividades elétrica da água. Nos casos de significância, foi aplicado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para combinações de adubação com NPK.

Em casos específicos, apresentados detalhadamente em seus respectivos capítulos, foram realizadas análises multivariadas.

2 REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed.; Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 144p. (Coleção Plantar 69).

CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 3.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

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**, Recife, v. 8, n. 4, p. 1006 - 1016, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 196f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - Campus II Campina Grande - Brasil, 1992. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2896>. Acesso em 22 mar. 2021.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: Department of Agriculture, 1954. 160p.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; PAIVA, E. P.; SOUTO, L. S. Exogenous application of phytohormones mitigates the effect of salt stress on *Carica papaya* plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, p. 170 - 175, 2020.

SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; BARBOSA, J. L.; PIMENTA, T. A.; FÁTIMA, R. T.; ELIAS, J. J. Growth and gas exchange of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 1, p. 1 - 9, e5677, 2020.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573p.

COMBINAÇÕES DE NPK AMENIZAM OS EFEITOS DELETÉRIOS DO ESTRESSE SALINO NA MORFOFISIOLOGIA DA ACEROLEIRA²

² Cópia de artigo completo e original publicado na revista *Comunicata Scientiae*, seguindo as normas da revista, exceto o número da página, fonte, idioma, normas e posição das figuras e/ou tabelas.

Citação: Silva Filho, A. M.; Costa, T. S.; Melo, A. S.; Costa, D. S.; Silva, A. A. R.; Gheyi, H. R.; Silva, F. A.; Dias, M. NPK combinations mitigate the deleterious effects of salt stress on the morphophysiology of West Indian cherry. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 15, e4122, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v15.4122>

COMBINAÇÕES DE NPK AMENIZAM OS EFEITOS DELETÉRIOS DO ESTRESSE SALINO NA MORFOFISIOLOGIA DA ACEROLEIRA

Resumo: Sob estresse salino, o crescimento e desenvolvimentos das plantas são afetados negativamente devido as alterações fisiológicas, portanto, surge a necessidade de estratégias para minimizar esses efeitos, como o manejo adequado da fertilização. Neste contexto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito das combinações de doses de nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento, status hídrico foliar, extravasamento de eletrólitos e trocas gasosas da aceroleira cultivada sob estresse salino, no segundo ano de produção. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em Campina Grande - PB. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×10 , com três repetições, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,6 e 4,0 dS m^{-1}), utilizada na irrigação e dez combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120 e 100-100-140% da recomendação, referente ao segundo ano de produção). A irrigação com CEa de 4,0 dS m^{-1} afetou negativamente o crescimento, status hídrico foliar, extravasamento de eletrólitos do limbo foliar e as trocas gasosas foliares da aceroleira. Entretanto, o incremento de 40% (C_4 -140-100-100% da dose recomendada de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) na dose de nitrogênio amenizou os efeitos deletérios do estresse salino no teor relativo de água, na concentração interna de CO_2 e na taxa de assimilação de CO_2 das plantas de acerola, no segundo ano de produção.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, nutrição mineral, salinidade.

NPK COMBINATIONS MITIGATE THE DELETERIOUS EFFECTS OF SALT STRESS ON THE MORPHOPHYSIOLOGY OF WEST INDIAN CHERRY

Abstract: Under salt stress, plant growth and development are negatively affected due to physiological changes, requiring strategies such as fertilization management to minimize these effects. In this scenario, this study aimed to evaluate the effect of combinations of nitrogen, phosphorus, and potassium on the growth, leaf water status, electrolyte leakage, and gas exchange of West Indian Cherry grown under water stress in the second year of production. The experiment was conducted in a protected environment in Campina Grande - PB. The treatments were distributed in a randomized block design with a 2×10 factorial arrangement with three replications corresponding to two electrical conductivity levels of irrigation water—EC_w (0.6 and 4.0 dS m⁻¹) and ten combinations of fertilization with nitrogen, phosphorus, and potassium (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120, and 100-100-140% of the recommendation in the second year of production). Irrigation with the EC_w of 4.0 dS m⁻¹ negatively affected plant growth, the leaf water status, electrolyte leakage, and the leaf gas exchange of West Indian Cherry. However, the 40% increase (C₄ -140-100-100% of the recommended N-P₂O₅-K₂O level) in the nitrogen level mitigated the deleterious effects of salt stress on the relative water content, internal CO₂ concentration, and the CO₂ assimilation rate of West Indian Cherry plants in the second year of production.

Keywords: *Malpighia emarginata*, mineral nutrition, salinity.

1. Introdução

A região semiárida brasileira possui baixa pluviosidade e alta taxa de evaporação, o que favorece a acumulação de sais nos mananciais utilizados para irrigação, inviabilizando o cultivo agrícola (Dantas *et al.*, 2022). Acrescente-se que estimativas indicam que as mudanças climáticas influenciarão na redução de aproximadamente 15% das incidências de chuvas e temperatura, variando de 1 a 4 °C, no semiárido, piorando mais ainda a situação (Marengo *et al.*, 2009). Nesta perspectiva, o estresse salino reduz o potencial osmótico no solo, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Além disso, a absorção em excesso de íons como sódio (Na⁺) e cloreto (Cl⁻) provoca toxicidade e desequilíbrio nutricional (Dutra *et al.*, 2022), afetando diretamente o crescimento e a fisiologia das plantas.

Assim, devido às limitações do uso de águas salinas na irrigação, o desenvolvimento da fruticultura no semiárido brasileiro pode ser prejudicado, reduzindo a visibilidade do Brasil como um dos maiores produtores de frutas do mundo, visto que, atualmente, este é ultrapassado apenas pela China e Índia (FAO, 2021).

Neste sentido, a aceroleira (*Malpighia emarginata*) é uma frutífera de clima tropical com amplo potencial econômico e nutricional, principalmente devido ao alto teor de vitamina C presente em seus frutos (Mezadri *et al.*, 2008). Em 2017, a produção brasileira de acerola foi de aproximadamente 61 mil toneladas, produzidas em cerca de 5.753 hectares, sendo a região Nordeste responsável por 78,1% (47.607 toneladas) da produção nacional, com destaque para os Estados de Pernambuco, Ceará, Sergipe e Paraíba (IBGE, 2017), o que confere ao Brasil, a liderança no *ranking* de maior produtor mundial de acerola (FAO, 2021).

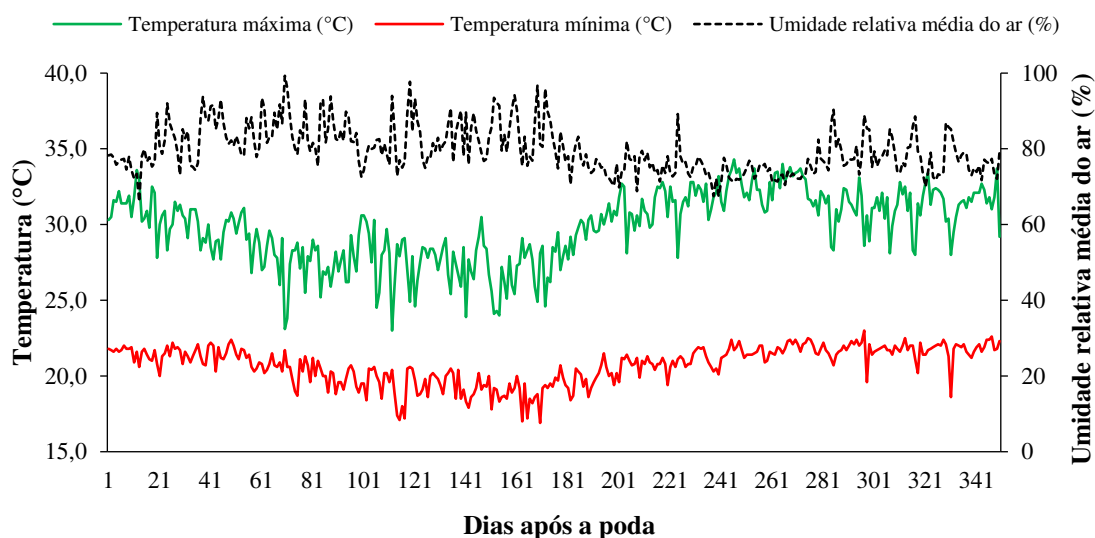
O uso de águas salinas na fruticultura irrigada pode ser viabilizado pelo manejo adequado da fertilização, pois contribui para a sustentabilidade agrícola, principalmente, no semiárido brasileiro. Portanto, manejar corretamente a adubação com o nitrogênio, fósforo e potássio pode atenuar os efeitos deletérios provocados pela salinidade devido à redução na absorção de íons Na⁺ e Cl⁻ por meio da inibição competitiva (Silva *et al.*, 2022). Nesta perspectiva, entende-se que combinações de nitrogênio, fósforo e potássio pode contribuir significativamente na morfofisiologia da aceroleira, uma vez que estudos similares já demonstraram resultados promissores, como a mitigação do estresse salino e, conseqüentemente, o aumento da produção de pinha (Sá *et al.*, 2021), melhorias significativas no crescimento, fisiologia e produção de frutos da aceroleira cv. 'BRS Jaburu' (Sá *et al.*, 2019)

e reduz os efeitos do estresse salino nos teores de antocianina e ácido ascórbico dos frutos da aceroleira (Lacerda *et al.*, 2021). Portanto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de fertilizações combinadas de nitrogênio, fósforo e potássio sob o crescimento, status hídrico foliar, extravasamento de eletrólitos e as trocas gasosas da aceroleira cultivada sob estresse salino, no segundo ano de produção.

2. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola – UAEEA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em Campina Grande, Paraíba, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. A casa de vegetação utilizada foi do tipo arqueada, com 30 m de comprimento e 21 m de largura, com pé-direito de 3,0 m e cobertura de polietileno de baixa densidade (150 microns) com tratamento infravermelho. Os dados de temperatura diária (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar do local do experimento observados no período estão dispostos na Figura 1.

Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.



Fonte: Dados da Pesquisa.

O experimento teve início em março de 2020, com aquisição das mudas enxertadas de acerola, com porta-enxerto e enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente, enxertadas pelo tipo fenda cheia. As mudas foram adquiridas de um viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB.

O estudo foi desenvolvido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita sobre a região dos drenos seguido de 230 kg de solo classificado como *Entisol* (United States, 2014), correspondente ao Neossolo Regolítico pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Sonos (EMBRAPA, 2018), coletado na profundidade de 0-0,20 m, procedente do município de Riachão do Bacamarte – PB, cujas características físico-químicas (Tabela 1) foram determinadas de acordo com Teixeira *et al.* (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas										
pH H ₂ O	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmol _c kg ⁻¹							
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,90	5,40	0,90			
..... Características químicas Características físicas				
CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	SB	V	Fração das partículas			Teor de umidade	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	cmol _c kg ⁻¹	%	(g kg ⁻¹)			(dag kg ⁻¹)	
2,15	21,95	0,16	2,3	21,05	95,8	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
						572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH - Potencial de Hidrogênio; M O - Matéria Orgânica: Walkley-Black Wet Digestão; Ca²⁺ e Mg²⁺ - Extraídos com 1 M KCl a pH 7,0; Na⁺ e K⁺ - Extraídos com NH₄OAc 1 M a pH 7,0; Al³⁺ + H⁺ - Extraído com CaOAc 0,5 M a pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS_{es} - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Porcentagem de sódio trocável; SB - Soma das bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺); V - Saturação por bases ([SB/CTC] × 100); ¹⁻² - Referente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente

Os tratamentos consistiram de dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) e dez combinações de adubação (C) com nitrogênio, fósforo e potássio – NPK (C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100; C₈ = 100-100-80; C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da recomendação de Cavalcante (2008) de N-P₂O₅-K₂O), no arranjo fatorial 2

× 10, distribuídos em bloco ao acaso, com três repetições, perfazendo o total de 60 unidades experimentais.

A combinação de 100-100-100% correspondeu a aplicação de 100, 60 e 60 g de N, P₂O₅ e K₂O por planta anual, respectivamente, referente ao primeiro ano de cultivo. Já os níveis salinos foram estabelecidos conforme estudos realizados por Silva *et al.* (2020).

As águas de irrigação com os níveis de condutividade elétrica de 0,6 e 4,0 dS m⁻¹ foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,38 dS m⁻¹). No preparo das águas de irrigação, foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Eq. 1. Após preparação da água a condutividade elétrica foi verificada e ajustada antes de uso.

$$Q \approx 10 \times CEa \quad (1)$$

Em que: Q - soma dos cátions (mmol_c L⁻¹) e CEa - condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

Aos 30 dias após o transplantio das mudas para os vasos adaptados como lisímetros, iniciou-se a irrigação com as águas salinas, adotando-se um turno de rega de dois dias, aplicando-se a água em cada lisímetro, conforme tratamento de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água no solo, sendo determinado pela Eq. 2:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \quad (2)$$

Onde: VI é o volume de água a ser usado no evento de irrigação (mL), Va é o volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL), Vd é o volume drenado após o evento de irrigação anterior (mL) e FL é a fração de lixiviação de 0,10 aplicado a cada 90 dias para evitar acumulação excessiva de sais.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram realizadas em cobertura e divididos em 24 parcelas com intervalos de 15 dias. Foi utilizada como fonte de nitrogênio o nitrato de cálcio, de fósforo o fosfato monoamônio, e de potássio o sulfato de potássio. Foi aplicado, via foliar, quinzenalmente 1,0 g L⁻¹ de Dripsol® (Mg: 1,1%; Zn: 4,2%; B: 0,85%; Fe: 3,4%; Mn: 3,2%); Cu: 0,5%; Mo: 0,05%) nas faces adaxial e abaxial, com o objetivo de suprir as plantas com micronutrientes. Além disso, os tratos culturais, poda de limpeza, capina manual, escarificação do solo e controle fitossanitários, foram executados durante o experimento.

Ao final do primeiro ano de cultivo, as plantas foram submetidas a um período de 15 dias de estresse hídrico e, posteriormente, foi realizada uma poda de limpeza. Após a poda, iniciou-se o segundo ano de produção. Para o segundo ano foram mantidos os níveis de condutividade elétrica da água e de combinações da adubação NPK utilizadas no primeiro ano. Entretanto, as combinações de NPK foram adaptadas para o segundo ano de produção da aceroleira, conforme recomendação de Cavalcante (2008). A aplicação dos tratamentos no segundo ano de produção iniciou-se aos 15 dias após a poda (DAP). Os manejos de adubação, irrigação e fitossanitários utilizados no primeiro ano de cultivo foram mantidos para o segundo ano.

Aos 304 dias após a poda (DAP), avaliaram-se: o teor relativo de água, a porcentagem de extravasamento de eletrólitos, as trocas gasosas foliares: condutância estomática – g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 – A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 – ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). De posse dos resultados das trocas gasosas foliares, a eficiência instantânea no uso da água – E_iUA (A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]) e a eficiência instantânea da carboxilação – E_iCi (A/Ci [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})$]) foram quantificadas. As trocas gasosas foram medidas no terceiro par de folhas em ramo previamente identificado situado ao lado leste da planta, contada a partir do ápice do ramo principal, sendo utilizada irradiação de $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} , usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda.

Na mesma época (304 DAP), foi avaliado o crescimento dos ramos da aceroleira com auxílio de uma fita métrica, para isso a planta foi dividida em quadrantes, sendo os quadrantes 1; 2; 3 e 4, respectivamente os ramos da direção Norte, Leste, Sul e Oeste.

Para a determinação do teor relativo de água (TRA), foram retiradas seis folhas do terço médio do ramo principal para a obtenção de seis discos de 12 mm de diâmetro. Imediatamente após a coleta, os discos foram pesados, evitando-se a perda de umidade, obtendo-se a massa fresca (MF); em seguida, essas amostras foram colocadas em béquer, imersas em 50 mL de água destilada e acondicionadas por 24 h. Após esse período, o excesso de água dos discos foi retirado com papel toalha e obtida a massa túrgida (MT) das amostras, as quais foram secas em estufa a temperatura $65 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, até massa constante para obtenção da massa seca (MS) das amostras. O TRA foi determinado de acordo com metodologia descrita por Lima *et al.* (2015), pela Eq. 3:

$$\text{TRA} = \frac{\text{MF} - \text{MS}}{\text{MT} - \text{MS}} \times 100 \quad (3)$$

Sendo TRA, o teor relativo de água (%), MF é a massa fresca de folha (g), MT é a massa túrgida (g) e MS a massa seca (g).

A porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE) foi determinada utilizando-se um perfurador de cobre para obter, cinco discos foliares com diâmetro de 12 mm cada, por unidade experimental, os quais foram lavados e acondicionado em Erlenmeyer® contendo 50 mL de água destilada. Após fechadas com papel alumínio, os Erlenmeyers® foram acondicionados à temperatura de 25 °C, por 24 h sendo, em seguida, aferida a condutividade inicial do meio (Xi) usando condutivímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®). Em seguida os Erlenmeyers® foram submetidos à temperatura de 90 °C, por 120 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, SOLAB®) e, após resfriamento do conteúdo, aferiu-se a condutividade final (Xf). A porcentagem de extravasamento de eletrólitos do limbo foliar foi expressa como a porcentagem de condutividade elétrica inicial em relação à condutividade elétrica após o tratamento por 120 minutos a 90° C, conforme metodologia proposta por Scotti-Campos *et al.* (2013), considerando-se a Eq. 4:

$$\% \text{ EE} = \frac{X_i}{X_f} \times 100 \quad (4)$$

Onde: % EE é a porcentagem de extravasamento de eletrólitos, Xi é a condutividade elétrica inicial e Xf é a condutividade elétrica final.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição (teste de Shapiro-Wilk). Em seguida, foi realizada a análise de variância (teste de F) para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foi realizado. As médias das combinações de adubação (NPK) foram comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, ambas as análises por meio do Software Sisvar (Ferreira, 2019).

3. Resultados e Discussão

Verifica-se que a interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as combinações de adubação influenciou ($p \leq 0,01$) o teor relativo de água (TRA) (Tabela 2). De forma isolada, os níveis salinos, afetaram ($p \leq 0,01$) o TRA e a porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE), bem como as combinações de adubação interferiram ($p = 0,01$) no TRA.

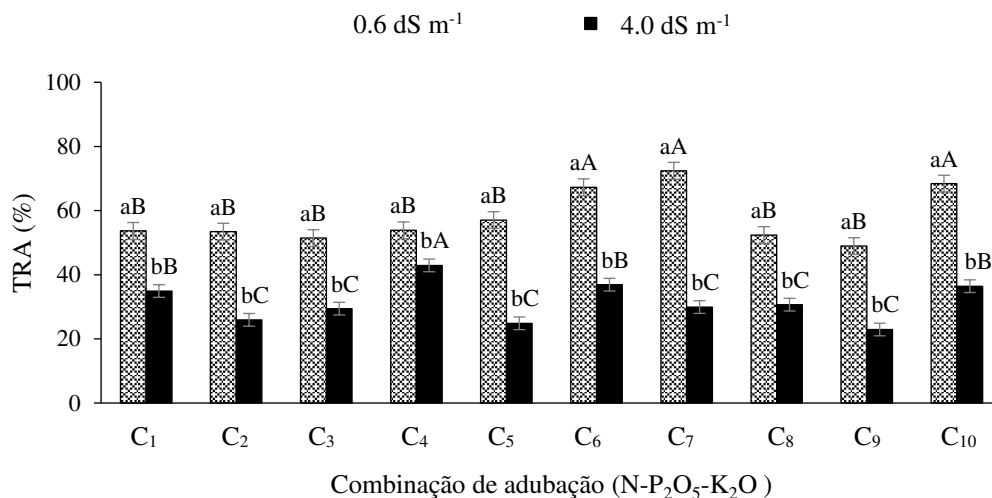
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao teor relativo de água (TRA) e porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		TRA	% EE
Condutividade elétrica da água – CEa	1	10138,44**	81,77**
Combinações de adubação – NPK	9	277,94**	1,72 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	322,11**	1,51 ^{ns}
Blocos	2	102,60 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Resíduo	38	35,11	0,99
CV (%)		13,00	10,01

^{ns}, ** respectivamente não significativo e significativo a $p \leq 0,01$.

O teor relativo de água (Figura 2) das plantas de aceroleira irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ diferiu ($p \leq 0,01$) daquelas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ em todas as combinações de adubação. As plantas irrigadas com água de CEa de 0,6 dS m⁻¹ e adubadas com a combinação C₆, C₇ e C₁₀ (67,2; 72,42 e 68,4) registraram os maiores valores de TRA, diferindo-se ($p \leq 0,01$) das demais adubações combinadas.

Figura 2. Teor relativo de água – TRA nas folhas da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação – CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O

K₂O; Médias com letras maiúsculas idênticas indicam que não há diferenças significativas entre as combinações de adubação de N-P₂O₅-K₂O para mesma tipo de água pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de Fisher, $p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se ainda que as plantas irrigadas com água de CEa de 0,6 dS m⁻¹ e combinação de adubação C₆, C₇ e C₁₀ tiveram TRA em média 15,9% superior, quando comparadas àquelas sob 100-100-100% de N-P₂O₅-K₂O (C₂) e irrigadas com a água do mesmo nível salino. Embora os valores médios do TRA sejam considerados relativamente baixos sobretudo das plantas sob estresse, trabalhos com aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) e graviroleira (*Annona muricata* L.) apresentaram resultados semelhantes. Em aceroleira, foi constatado um TRA de 40,07 quando utilizado dose de 125% de K₂O independente da condição salina (Pinheiro *et al.*, 2019). Já em graviroleira, verificou-se que ao utilizar água de 4,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica obteve-se um TRA de 70% e 80% quando irrigado com água de 0,8 dS m⁻¹ (Silva *et al.*, 2021a). Outro fator importante a ser considerado é que no momento das avaliações, dois dias após último evento de irrigação, o teor de umidade do solo foi de 13,21% e de 18,52% quando irrigados com água de 0,6 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente, o que pode justificar um possível aumento no potencial osmótico do solo e assim reduzindo a disponibilidade de água para as plantas, ocasionando em menor teor relativo de água nas folhas.

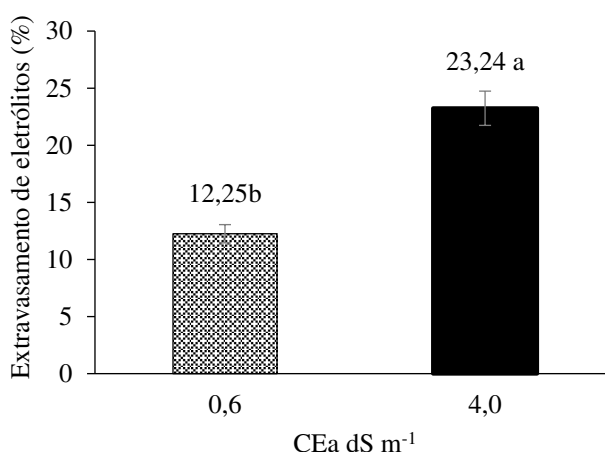
Sabe-se que o teor relativo de água (TRA), por apresentar a quantidade máxima de água que os vacúolos das células podem receber sob turgidez total, é um importante indicador do status hídrico das plantas sob estresses abióticos (Khatami *et al.*, 2022). Portanto, o aumento do TRA em função da maior oferta de K₂O e P₂O₅, constatado na presente pesquisa, pode ter ocorrido em função do potássio desempenhar funções importantes nos processos fisiológicos. Lima *et al.* (2018) acrescentam que a adubação balanceada de potássio em aceroleira promoveu melhoria na regulação osmótica e manutenção da homeostase iônica em condições de estresse salino. Além disso, o incremento de K₂O e P₂O₅ pode reduzir a absorção de Na⁺ e Cl⁻ pelas plantas, devido à competição entre esses nutrientes pelo sítio de absorção (Meneghette *et al.*, 2017), que pode refletir na redução dos efeitos deletérios do estresse salino.

Vale ressaltar, que apesar das reduções no TRA das plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ (Figura 2), o incremento em 40% da dose de nitrogênio (C₄ = 140-100-100% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O) refletiu no maior valor de TRA (42,91%), diferenciando-se ($p \leq 0,01$) das demais combinações. Para Ashraf *et al.* (2018), uma concentração adequada de

nitrogênio pode contribuir para uma maior síntese de compostos de baixo peso molecular, como glicina betaína e prolina, que atuam como osmoprotetores de membrana e macromoléculas, os quais auxiliam no ajuste osmótico das plantas à salinidade.

A porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE) (Figura 3) das plantas irrigadas com água de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ diferiram ($p \leq 0,01$) em relação às cultivadas sob CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Ao comparar os valores médios entre os tratamentos, vê-se que as plantas sob CEa $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram maior % EE (23,24%), enquanto as irrigadas com água de menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) registraram % EE de 12,25%. Portanto, o aumento da % EE observado nas plantas irrigadas com CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ pode estar relacionado ao dano na membrana celular induzido por espécies reativas de oxigênio (EROS). Para Astaneh, Bolandnazar e Nahandi (2022), plantas sob condições de estresse salino apresentam aumento expressivo na produção de EROS, o qual causa ruptura da membrana celular e, conseqüentemente, maior extravasamento de eletrólitos do limbo foliar. Além disso, o excesso de sais presentes na água de irrigação promove o acúmulo de íons tóxicos, os quais induzem a peroxidação lipídica e desestabiliza a produção de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos da membrana, limitando a manutenção da turgidez celular (Sharma *et al.*, 2020). Essa observação corrobora a assertiva das possíveis conseqüências causadas pela redução do teor relativo de água das folhas da aceroleira da presente pesquisa (Figura 2).

Figura 3. Porcentagem média de extravasamento de eletrólitos (% EE) do limbo foliar da aceroleira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação cultivada sob diferentes combinações de NPK, aos 304 dias após poda, no segundo ano de produção.



Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

Fonte: Dados da Pesquisa

Tendência semelhante foi obtida por Silva *et al.* (2021b) em pesquisa realizada com aceroleira cv. 'BRS 336 Jaburu' sob CEa variando de 0,3 a 4,3 dS m⁻¹. No contexto, os pesquisadores constataram maior EE (26,64%) nas plantas irrigadas com água de CEa = 4,3 dS m⁻¹ e menor de EE (12,44%) na CEa de 0,3 dS m⁻¹.

Houve interação ($p \leq 0,01$) entre os níveis salinos e das combinações de adubação sobre a concentração interna de CO₂ (*Ci*) e taxa de assimilação de CO₂ (*A*); todas as variáveis de trocas gasosas foram afetadas pelos níveis salinos da água de irrigação quando analisado de forma isolado, em contraste as combinações de adubação não afetaram nenhuma variável (Tabela 3).

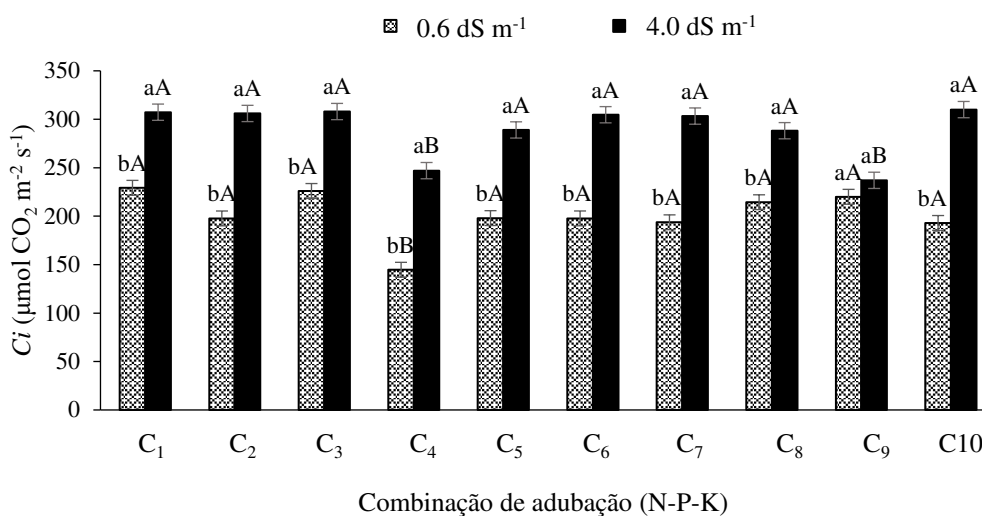
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO₂ (*Ci*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		<i>Ci</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Condutividade elétrica da água – Cea	1	43201,7**	0,0008*	0,081*	16,01**	33,6**	4,9×10 ^{-4**}
Combinações de adubação – NPK	9	2728,2 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,59 ^{ns}	2,08 ^{ns}	2,4×10 ^{-5^{ns}}
Interação (CEa × NPK)	9	8723,2**	0,0001 ^{ns}	0,025 ^{ns}	1,62**	7,61 ^{ns}	2,7×10 ^{-5^{ns}}
Blocos	2	20003,5 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,167 ^{ns}	2,11 ^{ns}	2,96 ^{ns}	4×10 ^{-^{ns}}
Resíduo	38	1593,13	0,0001	0,017	0,43	4,09	1,2×10 ⁻⁵
CV (%)		16,3	27,9	20,3	21,4	20,2	26,8

^{ns}, *, ** respectivamente não significativo e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$.

A *Ci* das plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ diferiu ($p \leq 0,01$) das cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ em todas as combinações de adubação exceto para combinação C₉ (100-100-120% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O (Figura 4). O incremento na concentração interna de CO₂ pode estar relacionado ao aumento da oxigenase da Rubisco em detrimento da carboxilase, com isso uma maior fotorrespiração em condição de estresse (Prywes *et al.*, 2023).

Figura 4. Concentração interna de CO₂ - Ci da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias com letras maiúsculas idênticas indicam que não há diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de Fisher, p <0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa

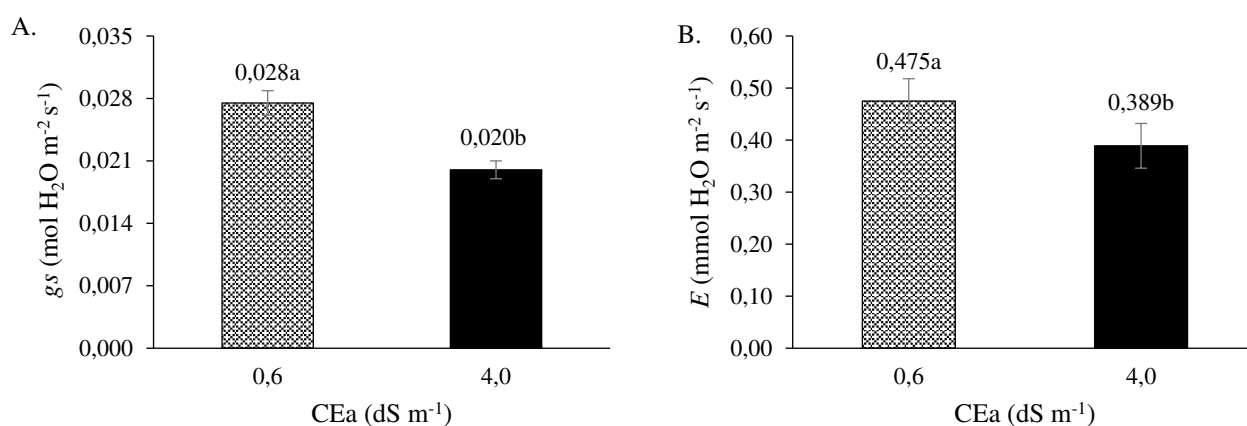
Aumento da concentração interna de CO₂ em função do incremento da condutividade elétrica da água de irrigação, também foram observados em outros estudos envolvendo a aceroleira, a exemplo de Dias *et al.* (2018), que constataram que as plantas cultivadas sob maior CEa (3,8 dS m⁻¹) apresentaram Ci de 278,58 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, correspondendo a um aumento de 38,03% (76,75 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) em relação as plantas irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹. Já Lima *et al.* (2019) notaram maior valor de Ci (330,83 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) em plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹, com aumento de 93,57% (159,92 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) em relação as irrigadas com CEa de 0,8 dS m⁻¹.

Apesar do aumento da Ci observado nas plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹, aquelas cultivadas sob as combinações C₄ e C₉ (doses recomendadas de 140-100-100% e 100-100-120% de N-P₂O₅-K₂O) diferiram (p ≤ 0,01) das demais combinações, apresentando reduções na Ci (Figura 4) de 19,28 e 22,55%, respectivamente, em relação as plantas testemunha (C₂) irrigadas com o mesmo nível salino. Segundo Ahanger *et al.* (2017), o potássio está envolvido na translocação e manutenção do balanço hídrico e participa de várias funções bioquímicas e fisiológicas, como osmorregulação e redução da absorção excessiva de íons

como Na^+ ; tal fato, pode ter contribuído com a melhor eficiência da carboxilase da Rubisco e, consequentemente, redução da C_i (Figura 4). Além disso, o incremento de 40% na dose de N deve ter proporcionado maior síntese de aminoácidos e açúcares solúveis, que contribuem para o ajustamento osmótico das plantas à salinidade (Ashraf *et al.*, 2018).

A condutância estomática e transpiração (Figura 5A e 5B) das plantas irrigadas com água de 0,6 dS m^{-1} diferiram em relação às CEa das cultivadas com 4,0 dS m^{-1} .

Figura 5. Condutância estomática - g_s (A) e transpiração - E (B) da aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) cultivada sob diferentes combinações de adubação NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.



Fonte: Dados da Pesquisa

Comparando-se as médias entre os tratamentos, as plantas sob CEa 0,6 dS m^{-1} apresentaram maior g_s (0,028 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), enquanto as plantas irrigadas com água de maior nível salino (4,0 dS m^{-1}) registraram g_s de 0,020 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ou seja, redução de 28,6%. Segundo Silva *et al.* (2021b), em condições de estresse salino, as plantas podem fechar seus estômatos em resposta à diminuição na absorção de água e consequentemente, alterações no teor relativo de água nas folhas (Figura 2).

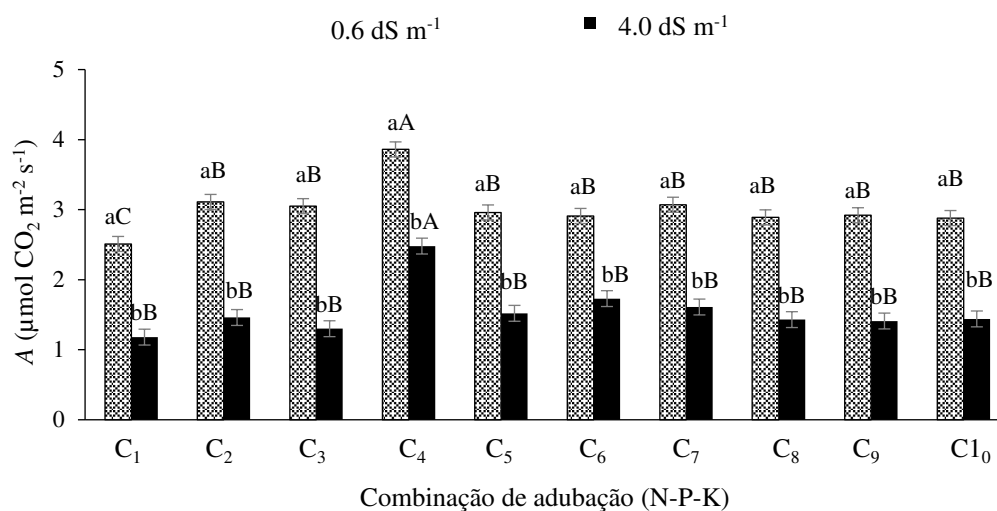
Reduções na g_s também foram observados por Lima *et al.* (2020) avaliando as trocas gasosas da aceroleira sob estresse salino (CEa de 0,8 e 4,5 dS m^{-1}) aos 90 dias após a poda de formação, no segundo ano de cultivo, os autores constataram maior valor de g_s (0,177 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em plantas irrigadas com CEa de 0,8 dS m^{-1} , já as submetidas ao maior nível de CEa (4,5 dS m^{-1}) apresentaram g_s de 0,074 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ou seja, redução de 58,2% (0,103 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em comparação as irrigadas com CEa de 0,8 dS m^{-1} .

A transpiração (Figura 5B) também diferiu em função da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo seu maior valor ($0,475 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) obtido nas plantas irrigadas com menor CEa ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$). No entanto, plantas de acerola irrigadas com água com CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram E de $0,389 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ou seja, redução de 18,1% em comparação as submetidas a CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$. Assim, o fechamento parcial dos estômatos (Figura 5A) associado aos efeitos osmóticos da salinidade levou à redução da transpiração foliar (Figura 5B).

A redução da transpiração está associada a restrições hídricas causadas pelo acúmulo de sais no solo, o que resulta na diminuição do potencial osmótico próximo às raízes, reduzindo a absorção de água. A diminuição da transpiração é uma forma de evitar a perda de água para o ambiente, mantendo o potencial hídrico nas folhas e evitando a desidratação das células-guarda (Lima *et al.*, 2020).

Os efeitos deletérios do estresse salino também foram observados sobre a taxa de assimilação de CO_2 (Figura 6), verificado pelas reduções da A em todas as combinações de adubação exceto C_4 , mesmo sem restrições à entrada de CO_2 na câmara subestomática (Figura 4).

Figura 6. Taxa de assimilação de CO_2 - Ci da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.



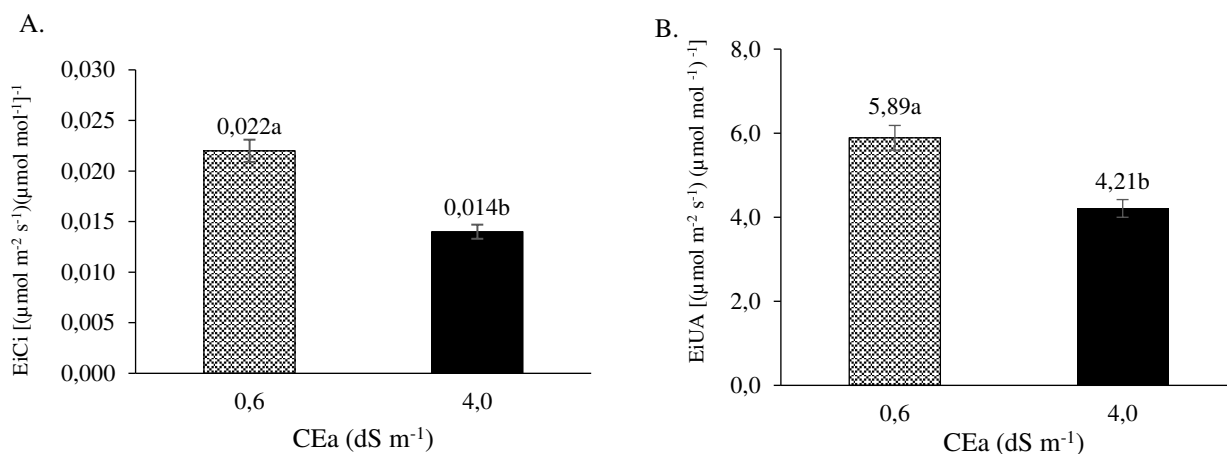
C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias com letras maiúsculas idênticas indicam que não há diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de Fisher, p <0,05).

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota-se, ainda, que o maior valor de A ($3,86 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi registrado nas plantas irrigadas com CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e cultivadas sob a combinação C₄ (140-100-100 % da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O), diferindo-se ($p \leq 0,01$) das demais combinações. Vale ressaltar que a combinação C₄ também proporcionou o maior valor de A ($2,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) nas plantas irrigadas com CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Esse aumento, pode estar relacionado ao fato de que a aplicação suplementar de N deve ter aumentado a absorção de NO_3^- , em detrimento de Cl^- , reduzindo a relação Cl^-/N nas folhas, o que pode restabelecer a homeostase iônica, reduzindo os efeitos do estresse salino nas plantas (Ibrahim *et al.*, 2018).

De acordo com o teste de comparação de médias para eficiência instantânea da carboxilação (Figura 7A) e eficiência instantânea no uso da água (Figura 7B), nota-se que as plantas irrigadas com CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram os menores valores de EiCi ($0,014 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$) e EiUA ($4,21 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$).

Figura 7. Eficiência instantânea da carboxilação - EiCi (A) e eficiência instantânea no da água - EiUA (B) da aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A), aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao comparar a EiCi e a EiUA das plantas de acerola irrigadas com CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as cultivadas com CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, constata-se redução de 36,4% na EiCi e 28,5% na EiUA. A EiCi é uma variável utilizada para identificar a ação de fatores não-estomáticos que interferem na taxa de assimilação de CO_2 (Lima *et al.*, 2022). Desta forma, a diminuição do EiCi das plantas pode estar relacionada ao aumento da fotorrespiração e diminuição da atividade da carboxilase devido à baixa disponibilidade de substrato (ATP e NADPH) para

ativação enzimática e regeneração, resultante do acúmulo de sais nos tecidos foliares, principalmente Na^+ e Cl^- (Prywes *et al.*, 2023), e com a ação de outros fatores ambientais favorecendo a oxigenação da Rubisco e o aumento da via fotorrespiratória, resultando em uma diminuição significativa dos compostos de carbono (Voss *et al.*, 2013).

Dias *et al.* (2021), avaliando o efeito do estresse salino (CEa variando de 0,6 a 3,8 dS m^{-1}) sobre as trocas gasosas da aceroleira, verificaram que os maiores valores de EiCi ($0,024 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$) foram obtidos nas plantas irrigadas com CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, por outro lado, os menores valores de EiCi ($0,0144 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$) foram verificados nas plantas cultivadas sob CEa de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo a uma redução de 40,0% em relação as irrigadas com menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$).

As plantas tentam superar o estresse osmótico reduzindo absorção de ions tóxicos e a condutância estomática (Figura 5A) e a transpiração (Figura 5B) para aumentar a eficiência do uso da água e o teor relativo de água em suas folhas. Entretanto, conforme foi observado no presente estudo, este mecanismo não foi suficiente para aumentar a eficiência instantânea do uso da água nas plantas de acerola sob condições salinas. A redução da EiUA em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação pode ser atribuído à alteração do potencial osmótico do solo causado pelo excesso de sais, resultando na diminuição da disponibilidade de água para as plantas (Pinheiro *et al.*, 2022).

Ao avaliar o crescimento dos ramos nos diferentes quadrantes, verificou-se influência ($p \leq 0,01$) apenas da condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 4), aos 304 dias após a poda.

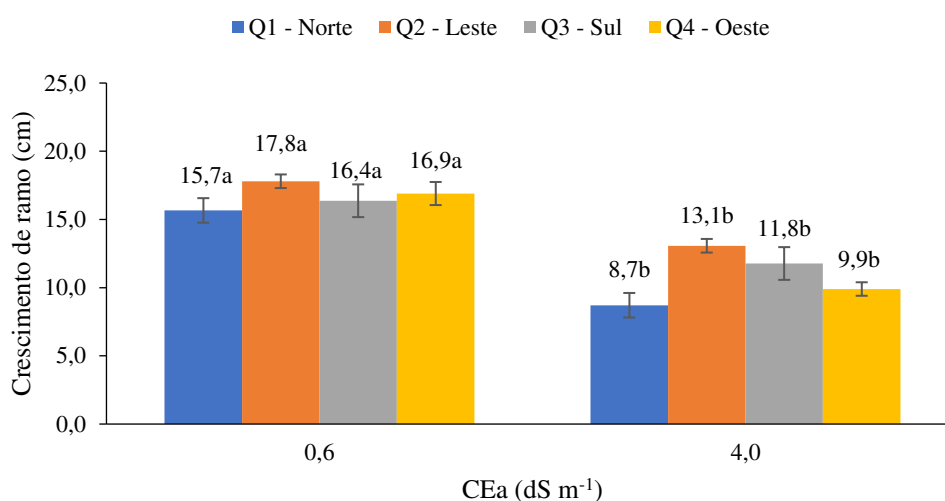
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 304 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL				
		Q1 - Norte	Q2 - Leste	Q3 - Sul	Q4 - Oeste
Condutividade elétrica da água - CEa	1	723,8**	335,6*	318,8**	715,5**
Combinações de adubação - NPK	9	50,1 ^{ns}	59,2 ^{ns}	56,5 ^{ns}	35,8 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	36,8 ^{ns}	40,6 ^{ns}	95,0 ^{ns}	69,9 ^{ns}
Blocos	2	213,9 ^{ns}	8,8 ^{ns}	13,8 ^{ns}	200,4 ^{ns}
Resíduo	38	30,1	51,9	43,9	51,1
CV (%)		24,1	24,2	24,6	29,1

^{ns}, *, ** respectivamente não significativo e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$.

A irrigação com água de CEa de 4,0 dS m⁻¹ afetou negativamente o crescimento dos ramos da aceroleira, em todos os quadrantes analisados (Figura 8), ao comparar as plantas irrigadas com o maior nível salino (4,0 dS m⁻¹) em relação as submetidas a irrigação com CEa de 0,6 dS m⁻¹, constata-se reduções de 44,6, 26,4, 28,0 e 41,4% nos crescimento dos quadrantes Norte, Leste, Sul e Oeste, respectivamente. Os ramos do quadrante Norte e Oeste foram os mais prejudicados. Já os ramos das plantas localizado no quadrante Leste, irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ obtiveram o maior crescimento (17,8 cm).

Figura 8. Crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes, em função da salinidade da água de irrigação, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de produção.



Médias com letras minúsculas idênticas no mesmo quadrante indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de Fisher, $p < 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa.

O crescimento da planta é influenciado pela luminosidade, absorção e biossíntese de substâncias, fototropismo e fotoestimulação. A auxina, produzida pelo meristema apical do caule é um hormônio vegetal que possui entre as suas funções, o crescimento e o alongamento das células (Larcher, 2003). A luz provoca a migração da auxina para o lado mais escuro ou sombreado da planta, nessa região, a auxina promove maior alongamento celular e crescimento vegetal, tal fato pode ter influenciado o maior crescimento dos ramos no quadrante leste.

O estresse salino é um dos principais fatores que reduz o crescimento vegetativo e a produtividade das plantas. Neste estudo, verificou-se que o crescimento dos ramos e as trocas gasosas foliares foram comprometidos em plantas expostas a maior condutividade elétrica da água de irrigação. Em altas concentrações, a salinidade da água e/ou do solo afeta a absorção

de água e nutrientes, comprometendo o crescimento e todos os processos fisiológicos das plantas (Silva *et al.*, 2021b).

4. Conclusões

A irrigação com CEa de 4,0 dS m⁻¹ afeta negativamente o crescimento, o status hídrico foliar, o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar e as trocas gasosas foliares da aceroleira aos 304 dias após a poda.

O incremento de 40% na dose de nitrogênio (C₄ -140-100-100% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O) ameniza os efeitos deletérios do estresse salino no teor relativo de água, na concentração interna de CO₂ e na taxa de assimilação de CO₂ das plantas de acerola, no segundo ano de produção.

A irrigação com CEa de 0,6 dS m⁻¹ em interação com a combinação C₄ (140-100-100% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O) promove os maiores valores de taxa de assimilação de CO₂. Além disso, reduz a concentração interna de CO₂ das aceroleiras, aos 304 dias após poda.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, a Universidade Estadual da Paraíba, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio na realização desta pesquisa e ao Dr. Leandro de Pádua Souza, pelo seu empenho na montagem inicial do experimento e condução do primeiro ano de cultivo.

Referências

AHANGER, M. A.; TOMAR, N. S.; TITTAL, M.; ARGAL, S.; AGARWAL, R. M. Plant growth under water/salt stress: ROS production; antioxidants and significance of added potassium under such conditions. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 731 - 744, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0462-7>

ASHRAF, M.; SHAHZAD, S.M.; IMTIAZ, M.; RIZWAN, M. S.; ARIF, M. S.; KAUSAR, R. Nitrogen nutrition and adaptation of glycophytes to saline environment: a review. **Archives of**

Agronomy and Soil Science, [s. l.], v. 64, n. 9, p. 1181 - 1206. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1419571>

ASTANEH, R. K.; BOLANDNAZAR, S.; NAHANDI, F. Z. Exogenous nitric oxide protect garlic plants against oxidative stress induced by salt stress. **Plant Stress**, [s. l.], v. 5, p. 100101, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100101>

CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 3.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

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**, Mossoró, v. 35, n. 2, p. 436 - 449, abr./jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n219rc>

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. A.; PAIVA, F. J. S.; SILVA, S. S. Effect of combined potassium-phosphorus fertilization on gas exchange, antioxidant activity and fruit production of West Indian cherry under salt stress. **Arid Land Research and Management**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 163-180, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/15324982.2021.1959464>

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 628 – 633, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p628-633>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 356p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products 2020 - 2021**. Roma: FAOSTAT, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/>. Acesso em 26 ago. 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: Acerola do Brasil por quantidade produzida**. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0etema=76215. Acesso em 06 jul. 2022.

IBRAHIM, M. E. H.; ZHU, X.; ZHOU, G.; ALI, A. Y. A.; AHMAD, I.; FARAHK, G. A. Nitrogen fertilizer alleviated negative impacts of NaCl on some physiological parameters of wheat. **Pakistan Journal of Botany**, Islamabad, v. 50, n. 6, p. 2097 – 2104, dez. 2018.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of function groups**. 4. Ed. New York: Springer Science & Business Media, 2003. 513p.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 3, p. 1-12. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2164>

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. A. R.; SILVA, E. M. Gas exchanges and production of West Indian cherry cultivated under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 6, p. 2947 – 2960, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p2947>.

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A.; SILVA, J. D. Water status, cell damage and gas exchanges in West Indian cherry ('Malpighia emarginata') under salt stress and nitrogen fertilization. **Australian Journal of crop Science**, Brisbane, v. 14, n. 2, p. 319 - 324, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.02.p2320>

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, P. F. N.; FERNANDES, P. D. Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 3, p. 180 - 189, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n3p180-189>

MENEGHETTE, H. H. A.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J. W.; PARRA, L. F.; HAYASHI, F. K. Doses de fósforo e potássio em plantas de amendoim na presença e ausência de adubação foliar. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2017v11n2p125-134>.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (Malpighia emarginata DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 282 – 290, jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.002>

PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; DIAS, A. S.; MOREIRA, R. C. L.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A. Saline water and potassium fertilization in cultivation of grafted West Indian cherry 'BRS 366 Jaburu'. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 187 – 198, 2019.

PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D. Brackish water irrigation strategies and potassium fertilization in the cultivation of yellow passion fruit. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 46, e022621, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246022621>

PRYWES, N.; PHILLIPS, N. R.; TUCK, O. T.; VALENTIN-ALVARADO, L. E.; SAVAGE, D. F. Rubisco function, evolution, and engineering. **Annual Review of biochemistry**, [s. l.], v. 92, p. 385 – 410, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-040320-101244>

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160 p.

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**, Dubai, v. 25, p. 1002 - 1013, 2013.

SHARMA, A.; KUMAR, V.; SHAHZAD, B.; RAMAKRISHNAN, M.; SIDHU, G. P. S.; BALI, A.S.; ZHENG, B. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. **Journal of Plant Growth Regulation**, [s. l.], v. 39: 509 - 531, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10018-x>.

SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; BARBOSA, J. L.; PIMENTA, T. A.; FÁTIMA, R. T.; ELIAS, J. J. Growth and gas exchange of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 1, p. 1 - 9, e5677, 2020.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; BONIFÁCIO, B. F. Saline waters and nitrogen/potassium fertilization combinations on physiological aspects and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 16, n. 6, e2780, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2780>.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. R.; FERNANDES, P.D. 2021b. Salicylic acid relieves the effect of saline stress on sour sop morphophysiology. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 45, e007021, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145007021>

SILVA, A. A. R. da; VELOSO, L. L. de S. A.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SÁ, F. V. da S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Cultivation of custard-apple irrigated with saline water under combinations of nitrogen, phosphorus and potassium. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 35, n. 1, p. 181-190, jan./mar 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n118rc>

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573 p.

VOSS, I.; SUNIL, B.; SCHEIBE, R.; RAGHAVENDRA, A. S. Emerging concept for the role of photorespiration as an important part of abiotic stress response. **Plant Biology**, v. 15, n. 4, p. 713-722, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00710.x>.

UNITED STATES. **Keys to soil taxonomy**. Lincoln: Natural Resources Conservation Service. 160p, 2014.

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E RENDIMENTO QUÂNTICO DE ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE NPK³

³ Cópia de artigo completo e original publicado na revista Brazilian Journal of Biology, seguindo as normas da revista, exceto o número da página, fonte, idioma, normas e posição das figuras e/ou tabelas.

Citação: Silva Filho, A. M.; Costa, D. S.; Gheyi, H. R.; Melo, A. S.; Silva, A. A. R.; Nunes, K. G.; Bonou, S. I.; Souza, A. R.; Ferraz, R. L.; Nascimento, R. Photosynthetic pigments and quantum yield of West Indian cherry. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e277329, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.277329>

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E RENDIMENTO QUÂNTICO DE ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE NPK

Resumo: Na região Nordeste do Brasil, o cultivo da acerola tem se mostrado uma importante atividade econômica; entretanto, a irrigação com águas salobras limita o cultivo, sendo necessário a busca por estratégias que minimizem o efeito do estresse salino. Neste contexto, objetivou-se avaliar combinações de adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) sobre os teores de pigmentos fotossintéticos e o rendimento quântico do fotossistema II da aceroleira cv. Flor Branca cultivada sob estresse salino, no segundo ano de produção. O ensaio foi conduzido em ambiente protegido sob delineamento experimental em blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2×10 , referentes a dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) e 10 combinações de adubação (CA) com NPK (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120 e 100-100-140% da recomendação referente ao segundo ano de produção), com três repetições cada uma constituída por uma planta. A irrigação com água de 4,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica reduziu os teores de pigmentos fotossintéticos e o rendimento quântico do fotossistema II da aceroleira. As combinações de NPK não atenuaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis analisadas. Entretanto, as combinações de 120-100-100, 140-100-100 e 100-120-100% da recomendação de NPK melhoraram o rendimento quântico do fotossistema II, uma vez que reduziram a fluorescência inicial e aumentaram a fluorescência máxima da aceroleira cv. Flor Branca.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, nutrição mineral, salinidade.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND QUANTUM YIELD OF WEST INDIAN CHERRY UNDER SALT STRESS AND NPK COMBINATIONS

Abstract: West Indian cherry cultivation has proved to be an important economic activity in northeastern Brazil. However, irrigation with brackish waters limits cultivation, requiring new strategies to minimize the effect of salt stress. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) combinations on the photosynthetic pigments and quantum yield of West Indian cherry cultivated under salt stress, in the second year of production. The assay was conducted in a protected environment by adopting an experimental design in randomized blocks, with treatments distributed in a 2×10 factorial arrangement referring to two electrical conductivity levels of irrigation water - EC_w (0.6 and 4.0 dS m⁻¹) and 10 NPK fertilization combinations - FC (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120, and 100-100-140% of the recommendation, in the second year of production), with three replications, each consisting of one plant. Irrigation with the electrical conductivity of 4.0 dS m⁻¹ negatively affected the synthesis of photosynthetic pigments and the photochemical efficiency of the West Indian cherry cv. Flor Branca. The NPK combinations did not attenuate the effects of salt stress on the analyzed variables. However, the combinations referring to 120-100-100%, 140-100-100%, and 100-120-100% of NPK recommendation improved the quantum yield of photosystem II by reducing the initial fluorescence and increasing the maximum fluorescence of the West Indian cherry cv. Flor Branca.

Keywords: *Malpighia emarginata*, mineral nutrition, salinity.

1. Introdução

A aceroleira (*Malpighia emarginata*) é uma frutífera de clima tropical com amplo potencial econômico e nutricional, principalmente devido ao alto teor de vitamina C presente em seus frutos (Mezadri *et al.*, 2008), sendo o Brasil o maior produtor mundial (FAO, 2021), onde 78% (47.607 toneladas) da produção é obtida na região Nordeste, destacando-se os Estados de Pernambuco, Ceará, Sergipe e Paraíba (IBGE, 2017). Contudo, problemas relacionados aos recursos hídricos ainda é fator limitante para aumento da produtividade.

O estresse salino, de natureza abiótica, é uma das principais restrições da produtividade e sustentabilidade agrícola mundialmente (Wei *et al.*, 2020; Gökçe *et al.*, 2023). As mudanças climáticas globais têm aumentado a temperatura atmosférica e as secas, favorecendo a escassez hídrica e a salinidade (Mcfarlane *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020). Aproximadamente 20% das terras agrícolas do mundo estão afetadas por salinidade, sobretudo em regiões áridas e semiáridas (Abdelraheem *et al.*, 2019; Hou *et al.*, 2023).

O excesso de sais na água e/ou no solo provoca efeito osmótico que dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Souza *et al.*, 2023) e provoca desequilíbrio nutricional. A salinidade danifica a membrana do tilacóide inibindo a biossíntese de pigmentos fotossintéticos, o que reduz o rendimento quântico do fotossistema II e por conseguinte, a eficiência fotossintética (Sharma *et al.*, 2020). A fluorescência da clorofila é um processo importante como indicador para avaliar as respostas fisiológicas nas plantas e tem sido utilizada para estudar a inibição da atividade do fotossistema II em condição de estresse (Dubey *et al.*, 2021; Khatri; Rathore, 2022).

As plantas devem utilizar estratégias para reduzir a absorção de Na⁺ e manter a homeostase iônica, aumentando o acúmulo de osmólitos e ativando o sistema de defesa antioxidante (Siddiqui *et al.*, 2017). O manejo adequado da adubação pode ser uma estratégia eficiente para reduzir os efeitos adversos da salinidade (Machado; Serralheiro, 2020). O nitrogênio atua diretamente na síntese de pigmentos fotossintéticos e participa na formação de proteínas e aminoácidos importantes para o metabolismo vegetal (Siddiqui *et al.*, 2019). O fósforo integra composições estruturais e participa da respiração e da fotossíntese, além de ser um nutriente envolvido nos processos de liberação de energia para reações metabólicas, o que favorece a absorção e assimilação de nitrogênio (Simão *et al.*, 2018). Já o potássio favorece a formação e translocação de carboidratos, atua na regulação do movimento estomático e na absorção de água pelas plantas (Araújo *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2022).

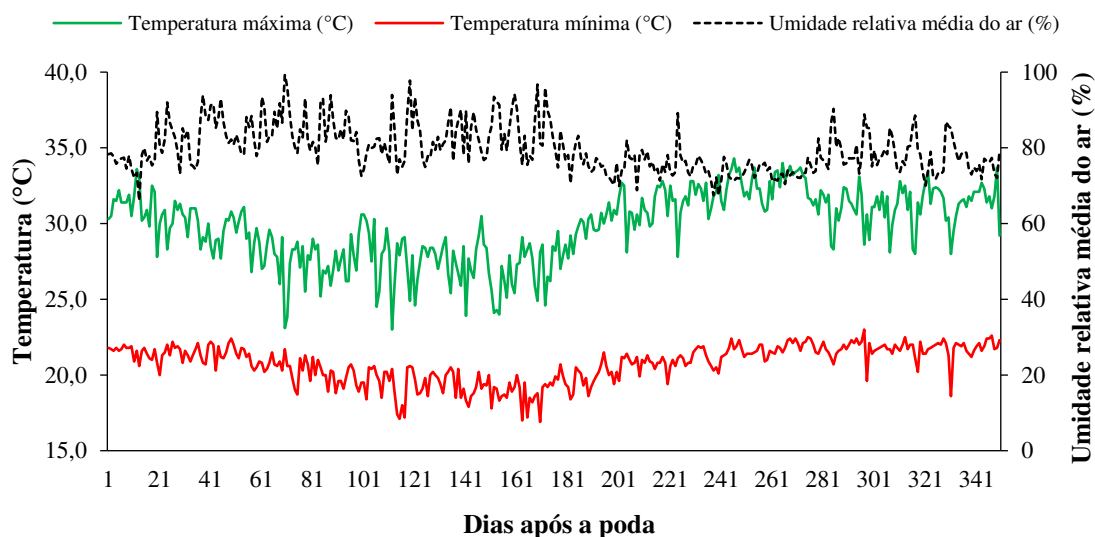
Neste sentido, este estudo baseia-se na hipótese de que a combinação adequada de nitrogênio, fósforo e potássio pode atenuar os efeitos deletérios ocasionados pela irrigação com águas salinas sobre a síntese de pigmentos fotossintéticos e ao rendimento quântico da aceroleira. Objetivou-se avaliar combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio sobre os teores de pigmentos fotossintéticos e o rendimento quântico do fotossistema II da aceroleira cv. Flor Branca cultivada sob estresse salino, no segundo ano de produção.

2. Materiais e Métodos

2.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condições de casa de vegetação na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil (coordenadas: 7° 15'18" S, 35° 52'28" W e altitude de 550 m). Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar do local do ensaio estão dispostos na Figura 1.

Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.

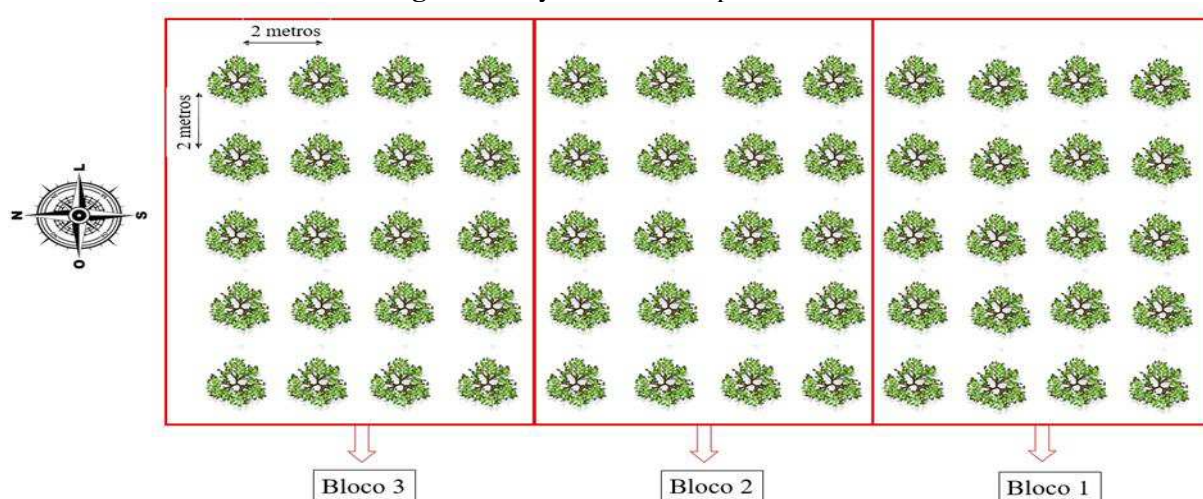


Fonte: Dados da Pesquisa.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram de dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) e dez combinações de adubação (CA) com nitrogênio, fósforo e potássio – NPK (CA1 = 80-100-100; CA2 = 100-100-100; CA3 = 120-100-100; CA4 = 140-100-100; CA5 = 100-80-100; CA6 = 100-120-100; CA7 = 100-140-100; CA8 = 100-100-80; CA9 = 100-100-120 e CA10 = 100-100-140% da recomendação de NPK para a aceroleira, conforme Cavalcante, (2008)), no arranjo fatorial 2×10, distribuídos em bloco ao acaso, com três repetições, perfazendo o total de 60 unidades experimentais (Figura 2).

Figura 2. Layout da área experimental



Fonte: Dados da Pesquisa

A combinação de adubação controle – CA2 (100-100-100%) correspondeu a aplicação anual de 100, 60 e 60 g de N, P₂O₅ e K₂O por planta, tendo como referência o segundo ano de cultivo, enquanto os tratamentos salinos utilizados no presente ensaio foram baseados no estudo realizado por Silva *et al.* (2020).

2.3. Instalação e condução do experimento

Em março de 2020, as mudas enxertadas de acerola (tendo porta-enxerto e enxerto, cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente) foram adquiridas em viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças, situado no Distrito de São Gonçalo, no município de Sousa, Paraíba, Brasil.

As mudas enxertadas (30 cm altura, com 4 meses de idade) foram transplantadas para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, cuja parte inferior foi coberta com geotêxtil, preenchidos com 1,0 kg de brita (tipo 1: de 9,5 a 19 mm) e 230 kg de solo (Figura 3).

Figura 3. Ilustração do enchimento dos lisímetros de drenagem



Fonte: Dados da Pesquisa

O solo utilizado para condução da pesquisa foi classificado como Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 2018) correspondente ao Entisol (UNITED STATES, 2014), coletado no município de Riachão do Bacamarte – PB (7° 15' 34" S e 35° 40' 1" W), na camada 0-20 cm. As características físico-químicas foram determinadas conforme Teixeira *et al.* (2017) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas										
pH H ₂ O	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmolc kg ⁻¹							
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,90	5,40	0,90			
..... Características químicas Características físicas				
CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	SB	V	Fração das partículas (g kg ⁻¹)			Teor de umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmolc kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	cmolc kg ⁻¹	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	21,95	0,16	2,3	21,05	95,89	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH - Potencial de Hidrogênio; M O - Matéria Orgânica: Walkley-Black Wet Digestão; Ca²⁺ e Mg²⁺ - Extraídos com 1 M KCl a pH 7,0; Na⁺ e K⁺ - Extraídos com NH₄OAc 1 M a pH 7,0; Al³⁺ + H⁺ - Extraído com CaOAc 0,5 M a pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS_{es} - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Porcentagem de sódio trocável; SB - Soma das bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺); V - Saturação por bases ([SB/CTC] × 100); ¹⁻² - Referente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente.

As águas de irrigação com os níveis de condutividade elétrica de 0,6 e 4,0 dS m⁻¹ foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,38 dS m⁻¹), conforme Medeiros *et al.* (2003). No preparo das águas de irrigação, foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Eq. 1:

$$Q \cong 10 \times CEa \quad (1)$$

Em que:

Q - soma dos cátions (mmolc L⁻¹); e

CEa - condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

Os maiores detalhes da condução e manejo do ensaio adotado no primeiro ano de cultivo encontram-se no Souza *et al.* (2023). Ao término do primeiro ano de cultivo experimental, as plantas de acerola foram submetidas a estresse hídrico durante 15 dias e, posteriormente, foi realizada a poda de primeiro ciclo, dando início ao segundo ano de produção. Os níveis de condutividade elétrica da água e de combinações da adubação com NPK utilizados no segundo ano de produção, foram os mesmos que os do primeiro ano.

Aos 15 dias após a poda, iniciou-se a irrigação com as águas salinas, adotando-se um turno de rega de dois dias, aplicando-se a água em cada lisímetro, conforme tratamento de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água no solo, sendo determinado pela Eq. 2:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \quad (2)$$

Em que:

VI - volume de água a ser usado no evento de irrigação (mL);

Va - volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

Vd - volume drenado após o evento de irrigação anterior (mL); e

FL - fração de lixiviação de 0,10, aplicado a cada 90 dias para evitar acumulação excessiva de sais.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram aplicadas em cobertura e divididas em 24 parcelas com intervalos de 15 dias. Foi utilizada como fonte de nitrogênio o

nitrato de cálcio, de fósforo o fosfato monoamônio, e de potássio o sulfato de potássio. Foi aplicado quinzenalmente, via foliar, uma solução Dripsol[®] micro para suprir a exigência de micronutrientes na concentração de 1,0 g L⁻¹ (tendo a seguinte composição Mg (1,1%); Zn (4,2%); B (0,85%); Fe (3,4%); Mn (3,2%); Cu (0,5%); Mo (0,05%), nas faces adaxial e abaxial, com o uso de um pulverizador costal (modelo Jacto XP, capacidade de 12 L), ponta JD 12P, com pressão máxima de trabalho de 88 psi aplicando volume médio por planta de 400 mL. Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais como poda de limpeza, capina, escarificação do solo e controle fitossanitários preconizados para a cultura.

2.4. Variáveis analisadas

Aos 304 dias após a poda (DAP), foram avaliados: a fluorescência da clorofila: fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável ($F_v = F_m - F_0$) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) e os pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* ($Cl\ a$), clorofila *b* ($Cl\ b$), clorofila total ($Cl\ t$) e carotenoides (Car).

A fluorescência da clorofila foi avaliada na terceira folha, contada a partir do ápice do ramo principal da planta, as 8:00 horas, utilizando-se de um fluorímetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; adotando-se o protocolo F_v/F_m . Tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de, no mínimo, 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos (Sá *et al.*, 2015).

A quantificação dos teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, clorofila total e carotenoides) foi realizada na terceira folha (as mesmas utilizadas para análise da fluorescência da clorofila), conforme Arnon (1949), com extratos vegetais a partir de amostras de discos (diâmetro de 12 mm e massa média de aproximadamente 34,2 mg) do limbo da terceira folha totalmente expandida, contando a partir do ápice de ramos previamente identificados. Em cada amostra foram utilizados 6,0 mL de acetona P.A. diluída a 80% em água deionizada. Por meio destes extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções com a utilização do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) 470, 647, e 663 nm, por meio das Eq. 3, 4, 5 e 6:

$$Cl\ a = (12,25 \times ABS_{663}) - (2,79 \times ABS_{647}) \quad (3)$$

$$Cl\ b = (21,5 \times ABS_{647}) - (5,10 \times ABS_{647}) \quad (4)$$

$$Cl\ t = (7,15 \times ABS663) + (18,71 \times ABS647) \quad (5)$$

$$Car = \frac{|(1000 \times ABS470) - (1,82 \times Cl\ a) - (85,02 \times Cl\ b)|}{198} \quad (6)$$

Em que:

Cl *a* - clorofila *a*;

Cl *b* - clorofila *b*;

Cl *t* - clorofila *total*; e

Car - carotenoides;

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b*, *total* e carotenoides nas folhas foram expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

Os dados de produção de aceroleira deste trabalho apresentados por Silva Filho *et al.* (2023a), foram utilizados para discutir a correlação entre as variáveis de produção e as variáveis de fluorescência da clorofila e os pigmentos fotossintetizantes, de modo a explorar e analisar o impacto de vários fatores sobre o rendimento da aceroleira irrigada com água salina e adubada com diferentes combinações de nitrogênio, fósforo e potássio.

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de probabilidade 0,05. Em seguida, foi realizado à análise de variância pelo teste de Fisher (F) para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. As médias das combinações de adubação (NPK) foram comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott. Ambas as análises foram realizadas por meio do software SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2019).

Uma análise multivariada de componentes principais (CPs) foi realizada, sintetizando a quantidade de informações relevantes contidas nos conjuntos de dados originais em um número menor de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas com base nos autovalores maiores que um ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, explicando porcentagens superiores a 10% da variância total (Kaiser, 1960; Govaerts *et al.*, 2007). A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente foram submetidos a uma análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste Hotelling $p \leq 0,05$. Para o CP4, foi realizado análise de variância (ANOVA), apenas para projeção dos gráficos. As variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,5 foram mantidas em cada componente principal

(PC) de acordo com Hair *et al.* (2009). Para as análises estatísticas foi utilizado o software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

3. Resultados e Discussão

Verifica-se, de acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 2), que não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as combinações de adubação sobre os teores de pigmentos fotossintéticos (Cl *a*, Cl *b*, Cl *t* e Car) da aceroleira. De forma isolada, os níveis salinos afetaram ($p \leq 0,01$) os teores de Cl *a*, Cl *b*, Cl *t* e Car a $p \leq 0,05$. Já as combinações de adubação não exibiram efeito significativo para os teores de pigmentos fotossintéticos aos 304 dias após a poda.

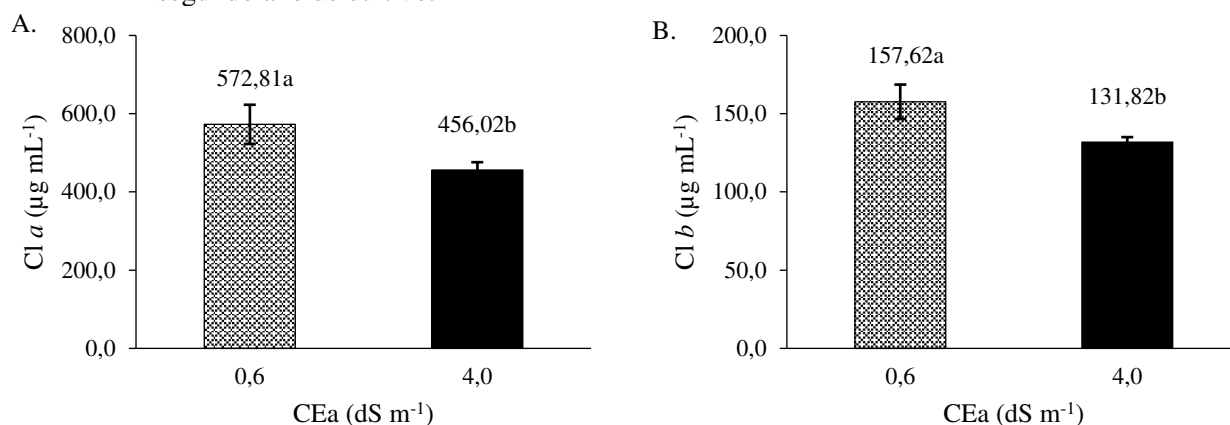
Tabela 2. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), clorofila total (Cl *t*) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>t</i>	Car
Condutividade elétrica da água – CEa	1	204617,12**	9982,15**	304987,80**	6218,02*
Combinações de adubação – CA	9	10380,78 ^{ns}	4190,15 ^{ns}	19446,74 ^{ns}	217,29 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	25346,94 ^{ns}	1744,61 ^{ns}	34772,75 ^{ns}	1279,02 ^{ns}
Blocos	2	33255,73 ^{ns}	3585,84 ^{ns}	57675,46 ^{ns}	308,14 ^{ns}
Resíduo	38	27963,97	2351,14	35261,29	1128,62
CV (%)		22,51	23,50	18,49	20,83

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Comparando-se as médias dos níveis de CEa, as plantas sob CEa 4,0 dS m⁻¹ apresentaram menor Cl *a* (456,02 µg mL⁻¹), enquanto nas irrigadas com água de menor nível salino (0,6 dS m⁻¹) foi registrado maior valor de Cl *a* (572,81 µg mL⁻¹) (Figura 4A). Efeito semelhante também foi observado sobre a clorofila *b*, isto é, menor valor de Cl *b* (131,82 µg mL⁻¹) obtido nas plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹, correspondendo redução de 16,37% (25,80 µg mL⁻¹) em relação as plantas cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ (Figura 4B).

Figura 4. Clorofila *a* - Cl *a* (A) e clorofila *b* - Cl *b* (B) da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.



Médias com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F de Fisher, para a condutividade elétrica da água (CEa). As linhas verticais representam o erro padrão da média (n=3).

Fonte: Dados da Pesquisa

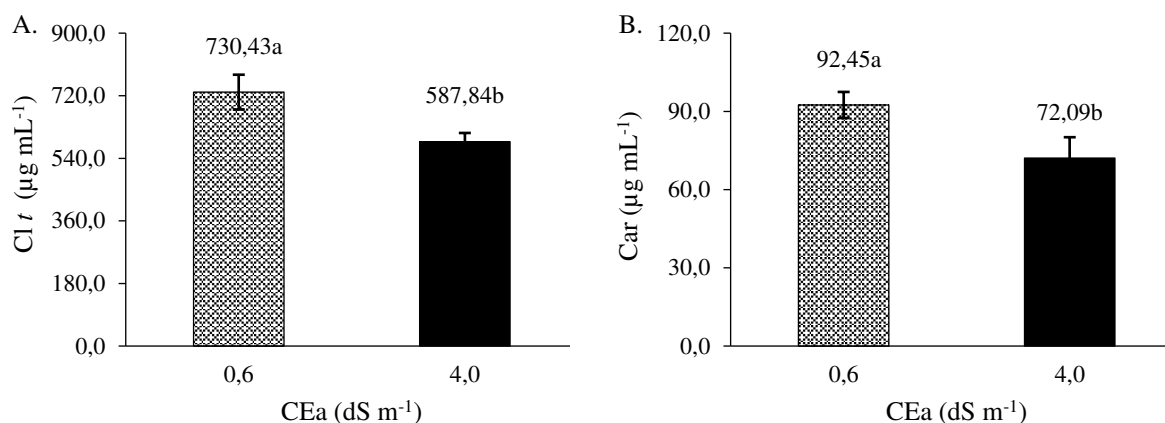
Resultados semelhantes foram obtidos em pesquisa desenvolvida por Silva *et al.* (2021) avaliando os pigmentos fotossintéticos da aceroleira sob estresse salino (CEa variando de 0,3 a 4,3 dS m⁻¹), os autores constataram redução de 35,68% nas plantas irrigadas com CEa de 4,3 dS m⁻¹ em relação as plantas submetidas a CEa de 0,3 dS m⁻¹.

Os pigmentos fotossintéticos são considerados elementos determinantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Sarkar *et al.*, 2023). O excesso de sais presentes na água de irrigação inibe à atividade do ácido 5-aminolevulínico, o qual é precursor da clorofila, além de aumentar a atividade da enzima clorofilase, que atua degradando as moléculas dos pigmentos fotossintéticos, ocasionando danos aos cloroplastos e limitando à atividade das proteínas de pigmentação (Cavalcante *et al.*, 2011; Ferraz *et al.*, 2015; Nigam *et al.*, 2022). Reduções nos teores de clorofila *a* e clorofila *b* em plantas de acerola em função da irrigação com água salobra também foram verificadas por outros pesquisadores (Lima *et al.*, 2018; Dantas *et al.*, 2021; Dias *et al.*, 2021).

O teor de clorofila total (Figura 5A) de plantas de acerola submetidas à irrigação com água de baixa condutividade elétrica (0,6 dS m⁻¹) foi de 730,43 µg mL⁻¹, em média 24,3% superior ao valor observado nas plantas sob irrigação com água de CEa de 4,0 dS m⁻¹. A redução na biossíntese da clorofila pode ser uma forma de adaptação à condição de estresse a que a cultura foi submetida, visando economia de energia e menor captação de energia luminosa para evitar o estresse oxidativo, possivelmente decorrente da fotooxidação dos pigmentos, que danificam as plantas pela oxidação de lipídios de membrana, proteínas e ácidos nucleicos

(Shoukat *et al.*, 2023). Além disso, a redução nos teores de pigmentos fotossintéticos pode ser devido à degradação da maquinaria fotossintética devido ao aumento da atividade da enzima clorofilase (Bhatt *et al.*, 2022).

Figura 5. Clorofila *total* - *Cl t* (A) e carotenoides - *Car* (B) da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.



Médias com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F de Fisher, para a condutividade elétrica da água (CEa). As linhas verticais representam o erro padrão da média (n=3).

Fonte: Dados da Pesquisa

Para o teor de carotenoides (Figura 5B), verificou-se que as plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ apresentaram reduções de 22,02% (20,36 µg mL⁻¹) em relação aos 72,09 µg mL⁻¹ de Car quantificados naquelas que receberam irrigação com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹). Assim, pode-se inferir que as plantas de acerola irrigadas com água de menor condutividade elétrica (0,6 dS m⁻¹) apresentaram funcionamento normal contra a fotooxidação enquanto as plantas irrigadas com água de maior condutividade elétrica (4,0 dS m⁻¹) sofreram alterações em seu metabolismo, conseqüentemente, maiores danos nas membranas fotossintéticas. Esses resultados corroboram com os estudos realizados por Dias *et al.* (2021), em que observaram redução linear no teor de carotenoides na medida em que se aumentava a condutividade elétrica da água de irrigação (entre 0,6 e 3,8 dS m⁻¹) em aceroleira fertilizada com combinações de potássio-fósforo, no segundo ano de cultivo.

Ante ao exposto, os resultados podem ser justificados devido ao fato de que o estresse salino pode reduzir a produção de pigmentos fotossintéticos, provavelmente, para induzir a degradação do β-caroteno, causando redução no teor de carotenoides, que são componentes integrados das membranas dos tilacóides, atuando na absorção e transferência de luz para clorofila.

A interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as combinações de adubação não influenciou ($p > 0,05$) as variáveis de fluorescência da clorofila *a* da aceroleira, aos 304 dias após a poda (Tabela 3). De forma isolada, os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação afetaram ($p \leq 0,01$) a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), enquanto as combinações de adubação exibiram efeito significativo para F_0 e F_m .

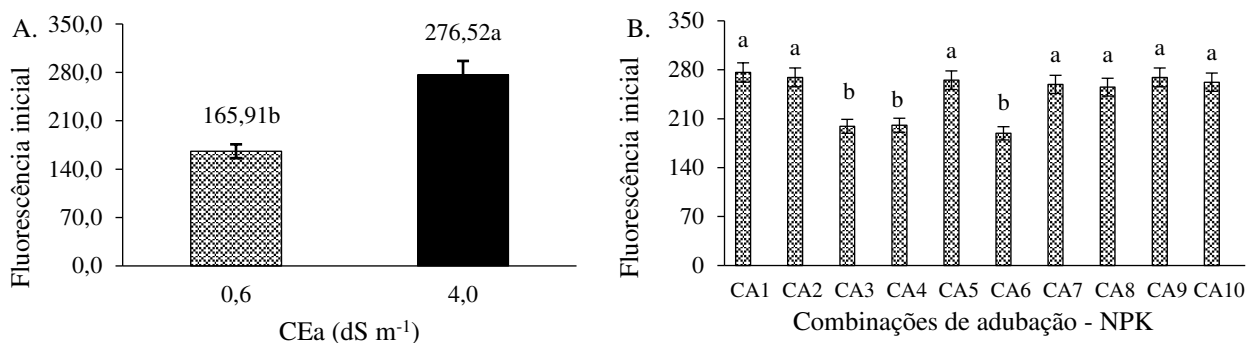
Tabela 3. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Condutividade elétrica da água - CEa	1	183511,94**	35225,57**	249746,29**	0,054**
Combinações de adubação - CA	9	464,53**	1440,29*	1158,44 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	29,03 ^{ns}	327,18 ^{ns}	262,42 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Blocos	2	187,10 ^{ns}	1263,75 ^{ns}	483,19 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo	38	72,44	528,34	726,25	0,0005
CV (%)		3,85	5,38	5,71	2,95

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Comparando-se as médias entre os níveis de condutividade elétrica da água, as plantas sob CEa 0,6 dS m⁻¹ apresentaram menor F_0 (165,91), enquanto as plantas irrigadas com água de maior nível salino (4,0 dS m⁻¹) registraram F_0 de 276,52, ou seja, aumento de 66,67% (Figura 6A). O aumento da F_0 resulta em menor aproveitamento da energia disponível, o que demonstra os danos provocados pelo estresse salino na captação de energia luminosa pelos pigmentos fotossintéticos (Martins *et al.*, 2019; Lotfi *et al.*, 2020).

Figura 6. Fluorescência inicial - F_0 da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das combinações de adubação (B), aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.



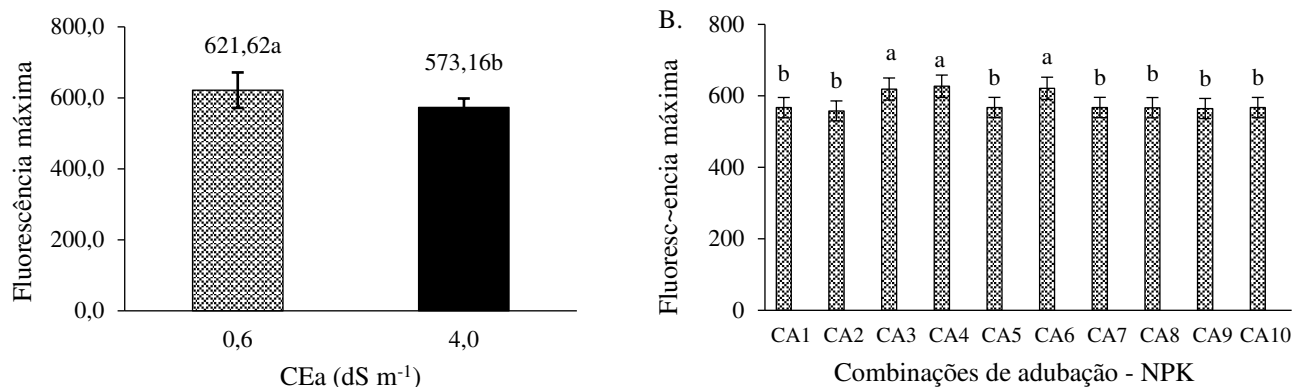
CA1 = 80-100-100; CA2 = 100-100-100; CA3 = 120-100-100; CA4 = 140-100-100; CA5 = 100-80-100; CA6 = 100-120-100; CA7 = 100-140-100, CA8 = 100-100-80, CA9 = 100-100-120 e CA10 = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O;

médias com letras idênticas indicam que não há diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F de Fisher, para a condutividade elétrica da água (CEa). As linhas verticais representam o erro padrão da média (n=3).

A fluorescência inicial das plantas de aceroleira (Figura 6B) adubadas com 120-100-100% (CA3), 140-100-100% (CA4) e 100-120-100% (CA6) da recomendação de NPK foi estatisticamente menor, em média 25,96% (68,82), do que os valores daquelas que receberam as demais combinações e não apresentaram diferenças entre si. Em geral, as combinações de NPK CA3, CA4 e CA6 melhoraram o aproveitamento de energia disponível; reforçando a importância desses nutrientes em combinações adequadas para as atividades fisiológicas, conforme relatado por Silva *et al.* (2021).

A fluorescência máxima (Figura 7A) também diferiu em função da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo seu maior valor (621,62) obtido nas plantas irrigadas com menor CEa (0,6 dS m⁻¹). No entanto, plantas de acerola irrigadas com água com CEa de 4,0 dS m⁻¹ apresentaram Fm de 573,16, ou seja, redução de 7,80% em comparação as submetidas a CEa de 0,6 dS m⁻¹. A fluorescência máxima é o ponto em que a fluorescência da planta atinge sua capacidade máxima e praticamente toda a quinona é reduzida (Veloso *et al.*, 2023). De acordo com Manaa *et al.* (2019), a redução da Fm reflete o desaceleramento da atividade fotossintética, reduzindo a captação de energia para evitar excitação excessiva de elétrons, os quais são precursores na formação de espécies reativas de oxigênio. Em pesquisa desenvolvida por Dias *et al.* (2018) com aceroleira BRS 366-Jaburu sob estresse salino (CEa entre 0,8 e 3,8 dS m⁻¹), também foi verificada redução da Fm (15,48%) em função da irrigação com água de maior salinidade (3,8 dS m⁻¹).

Figura 7. Fluorescência máxima - Fm da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (A) e das combinações de adubação (B), aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.



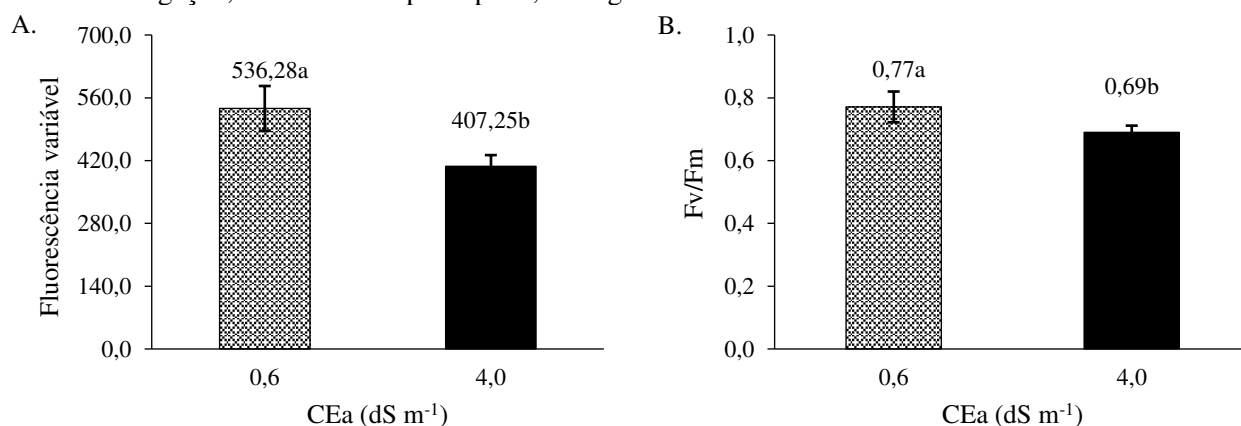
CA1 = 80-100-100; CA2 = 100-100-100; CA3 = 120-100-100; CA4 = 140-100-100; CA5 = 100-80-100; CA6 = 100-120-100; CA7 = 100-140-100, CA8 = 100-100-80, CA9 = 100-100-120 e CA10 = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; médias com letras idênticas indicam que não há diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F de Fisher, para a condutividade elétrica da água (CEa). As linhas verticais representam o erro padrão da média (n=3).

A fluorescência máxima da aceroleira apresentou diferença significativa em função das combinações de NPK (Figura 7B), sendo que a maior Fm foi obtida nas plantas que receberam a combinação NPK de 140-100-100% (CA4) da recomendação, sem diferença significativa em relação a 120-100-100% (CA3) e 100-120-100 % (CA6) (Figura 7B), diferindo das outras combinações estudadas, que por sua vez não apresentaram diferença entre si.

As plantas submetidas à combinação CA3, CA4 e CA6 possivelmente mantiveram o potencial de turgor foliar, devido à capacidade de ajuste osmótico promovida pela síntese de osmólitos compatíveis, como aminoácidos, estimulada pelo aumento de N e P, reduzindo assim o desequilíbrio entre transpiração e absorção de água pela planta, favorecendo a homeostase osmótica (Sá *et al.*, 2017) e, como resultado, houve um aumento na fluorescência máxima da aceroleira.

Ao observar a Figura 8A, verifica-se que plantas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ apresentaram maior Fv (536,28) do que o valor encontrado em plantas submetidas a CEa de 4,0 dS m⁻¹ (407,25).

Figura 8. Fluorescência variável - Fv (A) e eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm (B) da aceroleira cv. Flor Branca em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 304 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.



Médias com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F de Fisher, para a condutividade elétrica da água (CEa). As linhas verticais representam o erro padrão da média (n=3).

Fonte: Dados da Pesquisa

Por se tratar da energia potencial ativa no fotossistema, a redução da Fv em 24,06% (Figura 8A) demonstra a limitação na ativação da cadeia transportadora de elétrons, a qual é responsável pela produção de adenosina trifosfato (ATP) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH) consumidos no ciclo de Calvin, reduzindo a capacidade fotossintética da planta (Silva *et al.*, 2018; Lotfi *et al.*, 2020).

A eficiência quântica do fotossistema II (Figura 8B) de plantas de acerola submetidas à irrigação com água de baixa condutividade elétrica (0,6 dS m⁻¹) foi de 0,77, em média 11,6% superior ao valor observado (0,69) nas plantas sob irrigação com água de CEa = 4,0 dS m⁻¹. Tal resposta, demonstra a menor atividade da P680 em condições de estresse salino, a qual pode estar associada a atividade da enzima clorofilase, que reduz os teores de clorofila (Figura 4) e, conseqüentemente, afeta a captação e o transporte energético entre os centros de reação a plastoquinona livre (Çiçek *et al.*, 2018).

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para quatro componentes principais (CP1, CP2, CP3 e CP4). Os autovalores e a porcentagem de variação explicados por cada componente representaram conjuntamente 89,47% da variação total, sendo o CP1 explicado por 52,62% da variância, seguido pelo CP2 com 13,36%, CP3 com 12,90% e o CP4 com 10,58% da variância total (Tabela 4).

Tabela 4. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) e coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.

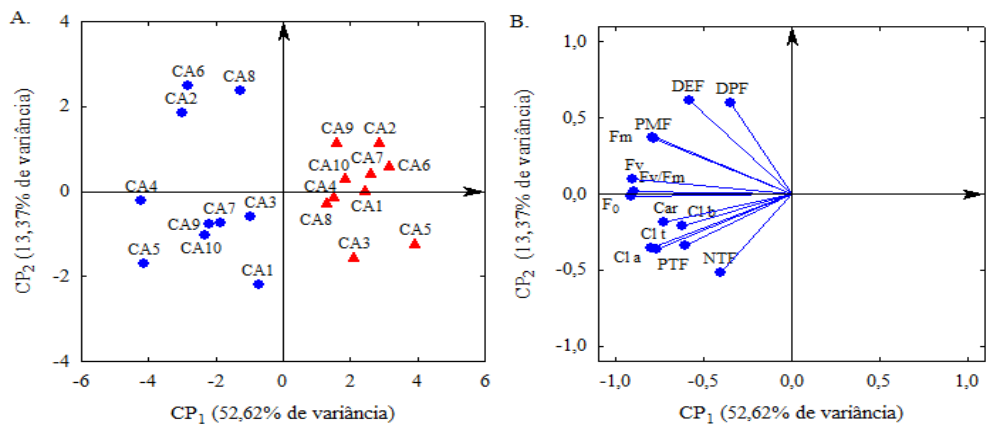
	Componentes principais												
	CP1	CP2	CP3	CP4*									
Autovalores (λ)	6,84	1,73	1,67	1,37									
Porcentagem de variância total (s ² %)	52,62	13,37	12,90	10,58									
Teste de Hotelling (T ²) para condutividade elétrica da água (CEa)	≤0,01	≤0,01	≤0,01	0,04									
Teste de Hotelling (T ²) para combinações de adubação (CA)	≤0,01	≤0,01	≤0,01	0,11									
Teste de Hotelling (T ²) para interação (CEa × CA)	≤0,01	≤0,01	≤0,01	0,68									
CPs	Coeficiente de correlação (r)												
	F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m	Cl a	Cl b	Car	Cl t	DPF	DEF	NTF	PTF	PMF
CP1	-0,91	-0,79	-0,91	-0,90	-0,77	-0,62	-0,73	-0,80	-0,35	-0,58	-0,40	-0,61	-0,79
CP2	-0,02	0,38	0,10	0,02	-0,36	-0,21	-0,18	-0,35	0,60	0,61	-0,52	-0,34	0,36
CP3	-0,13	-0,30	-0,26	-0,18	-0,33	0,24	-0,18	-0,20	0,42	0,40	0,68	0,66	0,12
CP4	0,33	0,30	0,28	0,26	-0,32	-0,52*	-0,31	-0,41	-0,45	-0,15	0,30	0,25	0,08

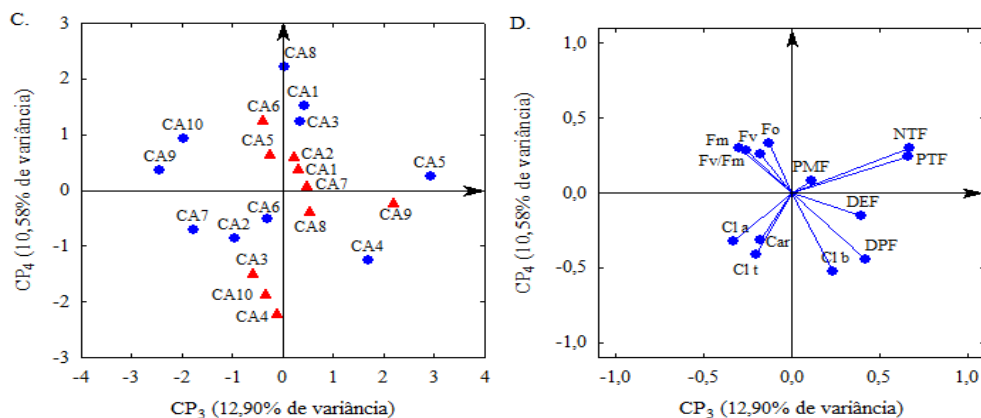
CPs – componentes principais; CP1 – componente principal 1; CP2 – componente principal 2; CP3 – componente principal 3; CP4 – componente principal 4; F₀ – fluorescência inicial; F_m – fluorescência máxima; F_v – fluorescência variável; F_v/F_m – eficiência quântica do fotossistema II; Cl a – clorofila a; Cl b – clorofila b; Car – carotenoides; Cl t – clorofila total; DPF – diâmetro polar dos frutos; DEF – diâmetro equatorial dos frutos; NTF – número total de frutos; PTF – peso total de frutos; PMF – peso médio dos frutos. *Variável submetida a ANOVA.

No CP1, verificou-se que o estresse salino ($CEa=4 \text{ dS m}^{-1}$) reduziu a eficiência quântica do PSII, o que está relacionado à diminuição dos teores de pigmentos fotossintéticos ($Cl a$, $Cl b$, Car e $Cl t$) e da fluorescência da clorofila (Fo , Fm , Fv e Fv/Fm), processo que desencadeou menor produção (DPF , PTF e PMF) em relação às plantas não estressadas ($CEa=0,6 \text{ dS m}^{-1}$). Contudo, sob adubação com as combinações CA4, CA8 e CA9, plantas estressadas tiveram aumento dos teores de pigmentos, eficiência quântica do PSII e produção. No CP2, foi constatado que a diminuição das dimensões dos frutos (DPF e DEF) está relacionada ao aumento do número total de frutos (NTF) (Figuras 9 A e B), enquanto no CP3 constatou-se que o aumento do número de frutos é convertido em maior peso total de frutos o que se deve ao maior suprimento de potássio na combinação CA9 (Figuras 9 C e D).

Isso ocorreu, de fato, porque o potássio atua na regulação da abertura e fechamento estomático, diminuindo a condutância estomática (gs) e a taxa de assimilação de CO_2 (A), e aumentando a concentração interna de CO_2 (Ci) (Silva Filho *et al.*, 2023b).

Figura 9. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais (CP) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação e combinações de NPK (A e C) e dos coeficientes de correlação das variáveis analisadas (B e D) com os quatro primeiros componentes principais (CP1, CP2, CP3 e CP4).





CPs - componentes principais; CP1 - componentes principais 1; CP2 - componentes principais 2; CP3 - componentes principais 3; CP4 - componentes principais 4. Combinações de adubação (CA) com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), sendo: CA1 = 80-100-100%; CA2 (controle) = 100-100-100%; CA3 = 120-100-100%; CA4 = 140-100-100%; CA5 = 100-80-100%; CA6 = 100-120-100%; CA7 = 100-140-100%; CA8 = 100-100-80%; CA9 = 100-100-120% e CA10 = 100-100-140%. F₀ – fluorescência inicial; F_m – fluorescência máxima; F_v – fluorescência variável; F_v/F_m – eficiência quântica do fotossistema II; Cl *a* – clorofila *a*; Cl *b* – clorofila *b*; Car – carotenoides; Cl *t* – clorofila total; DPF – diâmetro polar dos frutos; DEF – diâmetro equatorial dos frutos; NTF – número total de frutos; PTF – peso total de frutos PMF – peso médio dos frutos. ● condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) = 0,6 dS m⁻¹ e ▲ CEa = 4,0 dS m⁻¹.

Fonte: Dados da Pesquisa

4. Conclusões

A irrigação com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ promove efeitos negativos nos teores de pigmentos fotossintéticos e ao rendimento quântico do fotossistema II da aceroleira cv. Flor Branca. As combinações de NPK não atenuam os efeitos do estresse salino sobre os pigmentos fotossintéticos e o rendimento quântico do fotossistema II. Entretanto, as combinações de 120-100-100%, 140-100-100% e 100-120-100% da recomendação de NPK melhoram o aproveitamento da energia disponível através da redução da fluorescência inicial e aumento da fluorescência máxima da aceroleira cv. Flor Branca.

Na análise multivariada, a irrigação com água salina (4 dS m⁻¹) reduz a eficiência quântica do PSII e, conseqüentemente, a diminuição dos teores de pigmentos fotossintéticos e fluorescência da clorofila, desencadeando em menor produção. Plantas adubadas com 140-100-100%, 100-100-80%, 100-100-120% da recomendação de NPK para o segundo ano de produção, aumentam os teores de pigmentos, eficiência quântica do PSII e produção. O aumento do número de frutos é convertido em maior peso total de frutos, devido ao maior suprimento de potássio na combinação 100-100-120 da recomendação de NPK para segundo ano de produção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, a Universidade Estadual da Paraíba, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio na realização desta pesquisa.

Referências

ABDELRAHEEM, A.; ESMAEILI, N.; O'CONNELL, M.; ZHANG, J.. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. **Industrial Crops and Products**, [s. l.] v. 130, n. 1, p. 118 - 129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.070>.

ARAÚJO, H. S.; QUADROS, B. R. de; CARDOSO, A. I. I.; CORRÊA, C. V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia vol. 42, n. 1, p. 469 – 475, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400004>

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated Chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 1 - 15, 1949. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>.

BHATT, U.; SHARMA, S.; SONI, V. Differential photosynthetic responses in *Riccia gangetica* under heat, cold, salinity, submergence, and UV-B stresses. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, [s. l.], v. 12, n. 1, e100146, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpap.2022.100146>

CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. 2011. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 699 – 705, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500098>.

ÇIÇEK, N.; OUKARROUM, A.; STRASSER, R. J.; SCHANSKER, G. Salt stress effects on the photosynthetic electron transport chain in two chickpea lines differing in their salt stress tolerance. **Photosynthesis Research**, [s. l.], v. 136, n. 1, p. 291 - 301, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-017-0463-y>

DANTAS, M.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R. da, MELO, A. S.; MEDEIROS, L. C. Gas exchange and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salinity stress and salicylic acid. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 12, n. 1, e3664, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v12.3664>.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; FURTADO, G. D.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D. Chloroplast pigments and photochemical efficiency of West Indian cherry under salt stress and potassium-phosphorus fertilization. **Semina**:

Ciências Agrárias, Londrina, v. 42, n. 1, p. 87 - 104, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n1p87>

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**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 628 - 633, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p628-633>.

DUBEY, A. K.; KHATRI, K.; JHA, B.; RATHORE, M. S. The novel galactosyl transferase-like (SbGalT) gene from *Salicornia brachiata* maintains photosynthesis and enhances abiotic stress tolerance in transgenic tobacco. **Gene**, [s. l.], v. 786, n. 1, e145597, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.145597>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 356p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products 2021**. Roma: FAOSTAT, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/>. Acesso em 26 ago. 2022.

FERRAZ, R. L. de S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; MELO, A. S. de.; BRITO NETO, J. F. de.; ROCHA, M. do. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n.9, p. 841 – 848, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n9p841-848>

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, Lavras, v. 37, n.4, 529 – 535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GÖKÇE, A. F.; GÖKÇE, Z. N. Ö.; JUNAID, M. D.; CHAUDHRY, U. K. Evaluation of biochemical and molecular response of onion breeding lines to drought and salt stresses. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 311, n. 1, e111802, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111802>.

GOVAERTS, B.; SAYRE, K. D.; LICHTER, K.; DENDOOVEN, L. DECKERS, J. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 291, n. 1 - 2, p. 39 – 54, 2007. DIO: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-006-9172-6>

HOU, J.; ZHANG, J.; LIU, X.; MA, Y.; WEI, Z.; WAN, H.; LIU, F. Effect of biochar addition and reduced irrigation regimes on growth, physiology and water use efficiency of cotton plants under salt stress. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 198, n. 1, e116702, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116702>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: Acerola do Brasil por quantidade produzida**. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em:

https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0etema=76215. Acesso em 06 jul. 2022.

KAISER, H. F.; 1960. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 141 - 151. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/001316446002000116>

KHATRI, K.; RATHORE, M. S. Salt and osmotic stress-induced changes in physio-chemical responses, PSII photochemistry and chlorophyll *a* fluorescence in peanut. **Plant Stress**, [s. l.], v. 3, n. 1, e100063, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100063>.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 3, p. 1 - 12. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2164>

LOTFI, R.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; PESSARAKLI, M.. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 26, n. 1, e101635, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101635>.

HAIR, F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Trad.: SANT'ANNA, A. S. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

MACHADO, R.; SERRALHEIRO, R. Salt stress alleviation through fertilization in fruit crops. In: Srivastava, A. K.; Hu, C. **Fruit crops: Diagnosis and management of nutrient constraints**; Amsterdam: Elsevier BV, 2020. p. 465 – 480.

MANAA, A.; GOUSSI, R.; DERBALI, W.; CANTAMESSA, S.; ABDELLY, C.; BARBATO, R. Salinity tolerance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as assessed by Chloroplast ultrastructure and photosynthetic performance. **Environmental and experimental botany**, [s. l.], v. 162, n. 1, p. 103 - 114, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.02.012>.

MARTINS, J. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARTUSCH, V. P.; GHEYI, H. R.; BEZERRA NETO, E.; and SILVA, M. M. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 9, p. 662 – 668, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p662-668>.

McFARLANE, D.; GEORGE, J.R. RUPRECHT, J.O. CHARLES, S.; HODGSON, G. Runoff and groundwater responses to climate change in South West Australia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, Perth, v. 103, n. 1, p. 9 - 27, 2020.

MEDEIROS, J. F de.; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M de.; SILVA JÚNIOR, M. J. ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,

Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 469 - 472, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300010>

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 282 – 290, jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.002>.

NIGAM, B.; DUBEY, R. S.; RATHORE, D. Protective role of exogenously supplied salicylic acid and PGPB (*Stenotrophomonas* sp) on spinach and soybean cultivars grown under salt stress. **Science Horticulture**, [s. l.], v. 293, n. 1, e110654, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110654>

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: Department of Agriculture, 1954. 160p.

SÁ, F. V. da S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 4, p. 463 - 470, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v6i4.1121>.

SARKAR, R. D.; KALITA, M. C. Alleviation of salt stress complications in plants by nanoparticles and the associated mechanisms: an overview. **Plant Stress**, [s. l.], v. 7, n. 1, e100134, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100134>

SHARMA, A.; KUMAR, V.; SHAHZAD, B.; RAMAKRISHNAN, M.; SIDHU, G. P. S.; BALI, A.S.; ZHENG, B. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. **Journal of Plant Growth Regulation**, [s. l.], v. 39: 509 - 531, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10018-x>.

SHOUKAT, S.; TASSAWAR, A.; KEYANI, R.; ZAFAR, M.; NAZ, R.; NOSHEEN, A.; and AHMAD, P. 2023. Exogenous application of sodium hydrosulfide and salicylic acid mitigate salinity stress in maize by regulating ionic balance, biochemical attributes, photosynthetic pigments and some key antioxidants. **South African Journal of Botany**, Johannesburgo, v. 158, n. 1, p. 393 – 404, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.05.016>.

SIDDIQUI, M. H.; ALAMRI, S.; AL-KHAISHANY, M. Y.; KHAN, M. N.; AL-AMRI, A.; ALI, H. M.; and ALSAHLI, A. A. Exogenous melatonin counteracts NaCl-induced damage by regulating the antioxidant system, proline and carbohydrates metabolism in tomato seedlings. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 20, n. 1, p. 1 – 23, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20020353>.

SIDDIQUI, M. N.; MOSTOFA, M. G.; AKTER, M. M.; SRIVASTAVA, A. K.; SAYED, M. A.; HASAN, M. S.; TRAN, L. S. P. Impact of salt-induced toxicity on growth and yield-potential of local wheat cultivars: Oxidative stress and ion toxicity are among the major determinants of salt-tolerant capacity. **Chemosphere**, [s. l.], v. 187, n. 1, p. 385 – 394, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.078>.

SILVA, A. A. R. da; VELOSO, L. L. de S. A.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SÁ, F. V. da S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Cultivation of custard-apple irrigated with saline water under combinations of nitrogen, phosphorus and potassium. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 1, p. 181 - 190, jan./mar 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n118rc>

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; OLIVEIRA, V. K. N.; and SILVA, L. A. 2020. Photosynthesis and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under nitrogen/potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 11, n. 1, p. 1 – 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i.3155>.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; BONIFÁCIO, B. F. Saline waters and nitrogen/potassium fertilization combinations on physiological aspects and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 16, n. 6, e2780, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2780>.

SILVA FILHO, A. M.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SILVA, A. A. R.; BONOU, S. I.; AMADEU, L. T. S.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; CHAVES, L. H. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Production and quality of West Indian cherry (*Malpighia emarginata* D. C.) under salt stress and NPK combinations. **Horticulturae**, [s. l.], v. 9, n. 6, 649, p. 1 – 19, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060649>.

SILVA FILHO, A. M.; COSTA, T. S.; MELO, A. S.; COSTA, D. S.; SILVA, A. A. R.; GHEYI, H. R.; SILVA, F. A.; DIAS, M. S. NPK combinations mitigate the deleterious effects of salt stress on the morphophysiology of West Indian cherry. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.15, e4122, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v15.4122>.

SIMÃO, E. P.; RESENDE, Á. V.; NETO, M. M. G.; BORGHI, E.; VANIN, À. Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 76-90, 2018.

SOUZA, L. de P.; LIMA, G. S. de, GHEYI, H. R.; FÁTIMA, R. T. de; SILVA, A. A. R. da, NOBRE, R. G.; LACERDA, C. N. Morphophysiology and production of West Indian cherry under salt stress and nitrogen-phosphorus-potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 7, p. 539 – 549, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n7p539-549>

STATSOFT INC. **Statistica**: data analysis software system. version 7. 2004.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 212 p.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Agriculture. **Keys to soil taxonomy**. Lincoln: Natural Resources Conservation Service, 2014. 160 p.

VELOSO, L. L. S. A.; AZEVEDO, C. A. V.de, NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.de, CAPITULINO, J. D.; SILVA, F. A. H₂O₂ alleviates salt stress effects on photochemical efficiency and photosynthetic pigments of cotton genotypes. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 27, n. 1, p. 34 - 41, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n1p34-41>.

WEI, T.; WANG, Y.; LIU, J. H. 2020. Comparative transcriptome analysis reveals synergistic and disparate defense pathways in the leaves and roots of trifoliate orange (*Poncirus trifoliata*) autotetraploids with enhanced salt tolerance. **Horticulture Research**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 1 – 14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0311-7>.

CAPÍTULO V

FERTILIZAÇÃO COM NPK MODULA A ATIVIDADE ENZIMÁTICA E ATENUA OS IMPACTOS DA SALINIDADE NA ACEROLEIRA⁴

⁴Cópia de artigo completo e original publicado na revista Brazilian Journal of Biology, seguindo as normas da revista, exceto o número da página, fonte, idioma, normas e posição das figuras e/ou tabelas.

Citação: Silva Filho, A. M.; Gheyi, H. R.; Melo, A. S.; Silva, P. C. C.; Silva, T. I.; Bonou, S. I.; Alencar, R. S.; Dias, G. F.; Lacerda, C.F.; Souza, A. R.; Ferraz, R. L. NPK fertilization modulates enzyme activity and mitigates the impacts of salinity on West Indian cherry. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e282616, 2024. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.282616>.

FERTILIZAÇÃO COM NPK MODULA A ATIVIDADE ENZIMÁTICA E ATENUA OS IMPACTOS DA SALINIDADE NA ACEROLEIRA

Resumo: O estresse salino causa distúrbios fisiológicos e bioquímicos que prejudicam o crescimento vegetal. Entretanto, acredita-se que a fertilização mineral adequada pode melhorar o estado nutricional e reduzir os danos causados pelo estresse salino. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os impactos de diferentes combinações de fertilização com NPK sobre o acúmulo de solutos (orgânicos e inorgânicos) e atividade antioxidante em folhas de aceroleira cultivada sob estresse salino no segundo ano de produção. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 10×2 , correspondendo a 10 combinações de adubação (CA) com nitrogênio, fósforo e potássio (CA1: 80-100-100%; CA2:100-100-100%; CA3:120-100-100%; CA4:140-100-100%; CA5:100-80-100%; CA6:100-120-100%; CA7:100-140-100%; CA8:100-100-80%; CA9:100-100-120% e CA10:100-100-140% da recomendação, referente ao segundo ano de cultivo) e dois níveis de condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação (0,6 e 4,0 dS m⁻¹), com três repetições. A análise multivariada mostrou que irrigação com água de diferentes condutividades elétricas (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) apresentou processos distintos em relação à atividade enzimática, produção de compostos orgânicos e acúmulo de solutos inorgânicos nas folhas. Sob irrigação com água de baixa salinidade houve maior acúmulo de K⁺, carboidratos solúveis e prolina, e menor atividade de enzimas antioxidativas, especialmente SOD e APX. Sob alta salinidade se observou maior atividade enzimática e maiores concentrações de Na⁺ e Cl⁻. Os resultados indicam que a resposta da acerola à salinidade foi mais no sentido da homeostase redox do que da homeostase osmótica por meio do acúmulo de solutos compatíveis com o metabolismo. A combinação de adubação CA5 (100-80-100% da recomendação) modula a atividade enzimática da SOD e APX, atenuando os impactos da salinidade, sendo uma combinação eficiente para preservar a sua homeostase redox nas aceroleiras sob estresse salino.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*; Estresse salino; Manejo de adubação; Sistema antioxidante.

FERTILIZATION WITH NPK MODULATES ENZYMATIC ACTIVITY AND MITIGATES THE IMPACTS OF SALINITY IN WEST INDIAN CHERRY

Abstract: Salt stress causes several physiological and biochemical disorders and impairs plant growth. However, it is believed that adequate fertilization can improve nutritional status and significantly reduce the harmful effects caused by salt stress. Thus, this study aimed to evaluate the impact of different combinations of NPK fertilization on the accumulation of organic and inorganic solutes and antioxidant activity in West Indian cherry leaves, in the second year of production. The experimental design was in randomized blocks, with treatments distributed in a 10 × 2 factorial scheme, corresponding to 10 combinations of fertilization (FC) with NPK (FC1: 80-100-100%; FC2:100-100-100%; FC3:120-100-100%; FC4:140-100-100%; FC5:100-80-100%; FC6:100-120-100%; FC7:100-140-100%; FC8:100-100-80%; FC9:100-100-120%, and FC10:100-100-140% of the recommendation, referring to the second year of cultivation) and two levels of electrical conductivity of irrigation water (EC_w) (0.6 and 4.0 dS m⁻¹), with three replications. The multivariate analysis showed that irrigation with water of different electrical conductivities (0.6 and 4.0 dS m⁻¹) presented different processes in relation to enzymatic activity, production of organic compounds, and accumulation of inorganic solutes in the leaves. Under irrigation with low salinity water there was greater accumulation of K⁺, soluble carbohydrates, and proline, and lower activity of antioxidative enzymes, especially SOD and APX. Under high salinity, greater enzymatic activity and higher concentrations of Na⁺ and Cl⁻ were observed. The results indicate that the response of West Indian cherry to salinity was more towards redox homeostasis than osmotic homeostasis through the accumulation of solutes compatible with metabolism. The fertilization combination FC5 modulates the enzymatic activity of SOD and APX attenuating the impacts of salinity, being an efficient combination to preserve redox homeostasis in West Indian cherry plants under saline stress.

Key words: *Malpighia emarginata*; salt stress; fertilization management, antioxidant system.

1. Introdução

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) é uma fruteira originária da América Central e do norte da América do Sul, bastante cultivada na região Nordeste do Brasil (Santos; Lima, 2020). Em 2017, no Brasil, foram produzidas quase 61 mil toneladas, sendo o estado de Pernambuco o maior produtor, com aproximadamente 30,5% desta produção, seguido por Ceará (10,8%) e Sergipe (7,75%) (IBGE, 2017).

A região Nordeste do Brasil tem algumas características edafoclimáticas consideradas hostis para a maioria das culturas devido fatores naturais e/ou fatores antrópicos, sendo a salinidade do solo e da água de irrigação um dos principais fatores que prejudicam a produção vegetal (Pessoa *et al.*, 2022).

A salinidade altera o metabolismo vegetal, causando distúrbios na homeostase osmótica, iônica, nutricional e redox (Shah *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021). O aumento da concentração de sais na rizosfera reduz a energia livre da água e, conseqüentemente, o seu potencial hídrico, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Como processo de defesa, as plantas desencadeiam o mecanismo de ajustamento osmótico, que consiste no acúmulo líquido de solutos inorgânicos e orgânicos e conseqüente manutenção do gradiente de potencial hídrico no sistema solo-planta. Dentre os solutos orgânicos, as proteínas solúveis, carboidratos solúveis, glicinabetaína e aminoácidos, especialmente a prolina, são os mais estudados (Azevedo Neto *et al.*, 2020; Munns *et al.*, 2020).

Para a maioria das glicófitas, o ajuste osmótico celular sob estresse salino se dá preferencialmente pelo acúmulo de solutos inorgânicos (Lacerda *et al.*, 2003; Zeng *et al.*, 2015), notadamente os íons sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cloreto (Cl⁻). O aumento da concentração destes íons pode aumentar a capacidade da célula absorver água sob condições de salinidade. Entretanto, o Na⁺ e o Cl⁻ são considerados fitotóxicos em altas concentrações. Assim, a

acumulação dos mesmos pode provocar diversos efeitos negativos para a célula vegetal (Azevedo Neto *et al.*, 2020; Lacerda *et al.*, 2003; Zeng *et al.*, 2015).

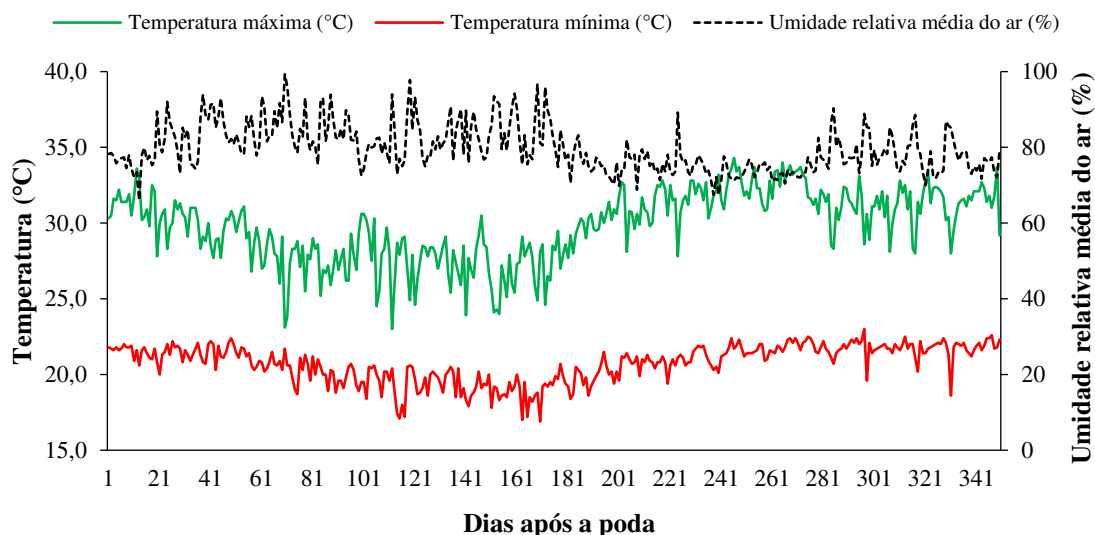
Estresses ambientais também podem causar um aumento da produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio (EROS) em plantas, principalmente sob condições de estresses severos. Este aumento se deve, principalmente, pelo desequilíbrio provocado entre a produção e o consumo dessas EROS. Uma das fontes deste desequilíbrio é o excesso de energia e de elétrons acumulados em plantas sob condições de estresse (Shah *et al.*, 2017). Em resposta a esse estresse secundário, muitas plantas apresentam aumentos da atividade das enzimas antioxidantes, como a catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e superóxido dismutase (SOD) que podem mitigar, pelo menos parcialmente, o efeito danoso desses radicais livres (Silva *et al.*, 2021).

Diante disso, estudos vêm sendo desenvolvidos para encontrar soluções viáveis de mitigação dos efeitos da salinidade em plantas frutíferas, a exemplo de abordagens da fertilização com NPK em pinheira (*Annona squamosa* L.) (Souza *et al.*, 2023b), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (Ahamed; Abdalla, 2019), dentre outros. Nesse contexto, pesquisas realizadas com adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, de forma isolada, indicam que tal prática melhora o metabolismo de carboidratos, a regulação osmótica e a capacidade antioxidante (Hasanuzzaman *et al.*, 2020; Dias *et al.*, 2022). Silva *et al.* (2022) constataram que a aplicação combinada de NPK (100-125-125% da recomendação) associada à irrigação com condutividade elétrica da água (CEa) de 3,0 dS m⁻¹ aumentou a massa média e altura dos frutos de pinheira. Entretanto, cada espécie responde de forma diferente a depender das suas exigências e do seu estado nutricional, principalmente quando expostas à salinidade. Nesse contexto, esta pesquisa introduz uma abordagem inovadora para mitigar o estresse salino na aceroleira com adubação com NPK, buscando-se avaliar a homeostase osmótica, iônica e redox em folhas desta cultura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes combinações de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o teor de solutos (orgânicos e inorgânicos) e a atividade antioxidante em aceroleira (*Malpighia emarginata*) cultivadas sob estresse salino no segundo ano de produção.

2. Materiais e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7° 12'51" S, 35° 54'23" W, altitude de 550 m). A temperatura do ar (máxima e mínima) e a umidade relativa do ar média durante o período experimental, no segundo ano do cultivo, foram mensuradas no interior de casa de vegetação e estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.



Fonte: Dados da Pesquisa

O ensaio experimental teve início em 2 de março de 2020, correspondente ao primeiro ano de cultivo e foi realizado em delineamento em blocos ao acaso. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2×10 , com três repetições e uma planta por parcela experimental. Foram testados dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,6 e 4,0 dS m^{-1}) associados a 10 combinações de fertilização (CA) com NPK (CA1 = 80-100-100%; CA2 = 100-100-100%; CA3 = 120-100-100%; CA4 = 140-100-100%; CA5 = 100-80-100%; CA6 = 100-120-100%; CA7 = 100-140-100%; CA8 = 100-100-80%; CA9 = 100-100-120% e CA10 = 100-100-140% da adubação recomendada por Cavalcante (2008) para o primeiro ano de cultivo. A combinação da adubação de NPK referente ao tratamento CA2 (100-100-100%) correspondeu a uma aplicação de 100, 60 e 60 $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de N, P_2O_5 e K_2O ,

respectivamente. Já os tratamentos salinos foram baseados no estudo realizado por Silva *et al.* (2020).

As mudas foram transplantadas para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, cuja parte inferior foi coberta com geotêxtil, preenchidos com 1,0 kg de brita tipo 1 (tamanho 9,5 a 19 mm) e 230 kg de solo classificado como Entisol (USDA, 2014), coletado no município de Riachão do Bacamarte – PB (7° 15' 34" S e 35° 40' 1" W, altitude 192 m), na camada 0-20 cm. As características físico-químicas foram determinadas conforme metodologias recomendadas por Teixeira *et al.* (2017) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

pH H ₂ O	M.O	P	Características químicas							
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c kg ⁻¹							
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,90	5,40	0,90			
..... Características químicas Características físicas							
CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	SB	V	Fração das partículas (g kg ⁻¹)			Teor de umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	cmol _c kg ⁻¹	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	21,95	0,16	2,3	21,05	95,89	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

–H - Potencial de Hidrogênio; –M O - Matéria Orgânica: Walkley-Black Wet Digestão; Ca²⁺ e Mg²⁺ - Extraídos com 1 M KCl a pH 7,0; Na⁺ e K⁺ - Extraídos com NH₄OAc 1 M a pH 7,0; Al³⁺ + H⁺ - Extraído com CaOAc 0,5 M a pH 7,0; –CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; –CTC - Capacidade de troca catiônica; –RAS_{es} - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; –PST - Porcentagem de sódio trocável; –SB - Soma das bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺); –V - Saturação por bases ([SB/CTC] × 100); ¹⁻² - Referente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente

As águas para irrigação foram preparadas pela adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente, respectivamente, de 7:2:1 na água de abastecimento municipal (CEa = 0,38 dS m⁻¹), obedecendo a relação entre a CEa e a concentração de sais (mmol_c L⁻¹ ≈ CEa x 10), relatado por Richards (1954). Essa proporção é comumente encontrada nas águas da região nordeste (Silva Junior *et al.*, 1999). Maiores detalhes da condução e manejo do ensaio adotado no primeiro ano de cultivo encontram-se descritos em Souza *et al.* (2023a).

Ao término do primeiro ano experimental de cultivo, as plantas de acerola foram submetidas a 15 dias sob estresse hídrico e, posteriormente, realizou-se a poda de limpeza no dia 05/03/2021, dando início ao segundo ano de cultivo. Os níveis de condutividade elétrica da água e de combinações da adubação com NPK utilizados no segundo ano de produção foram os mesmos que os do primeiro ano. No entanto, as doses de NPK foram adaptadas seguindo a recomendação de Cavalcante (2008), consistindo, respectivamente de 200, 30 e 80 g planta⁻¹ de

N, P₂O₅ e K₂O por ano para a combinação CA2 – (100-100-100% de NPK), sendo que as doses das demais combinações foram estimadas a partir dessa recomendação para o segundo ano.

Aos 15 dias após a poda (DAP), iniciou-se a irrigação com as respectivas águas, adotando-se o turno de rega de dois dias, aplicando-se a água em cada lisímetro, conforme tratamento de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo. O volume aplicado foi estimado pelo balanço de água no solo, isto é, a necessidade hídrica real das plantas, sendo determinado pela Eq. 1:

$$VI = \frac{(V_a - V_d)}{(1 - FL)} \quad (1)$$

Onde: VI = volume de água usado no evento de irrigação (mL), V_a = volume de água aplicado na irrigação anterior (mL), V_d = volume de água drenado após o evento de irrigação anterior (mL) e FL = fração de lixiviação de 10% do total de volume de água utilizado no período, aplicado a cada 90 dias para evitar acúmulo excessivo de sais no solo.

As doses de NPK foram divididas em 24 aplicações iguais, realizadas em cobertura, com intervalos de 15 dias. As fontes utilizadas foram nitrato de cálcio (15,5% N), fosfato monoamônico (60% P₂O₅ e 12% N) e sulfato de potássio (51,5% K₂O). As adubações foliares com micronutrientes foram realizadas quinzenalmente, nas faces adaxial e abaxial das folhas, aplicando-se solução contendo 1,0 g L⁻¹ de Dripsol® (Mg = 1,1%; Zn = 4,2%; B = 0,85%; Fe = 3,4%; Mn = 3,2%; Cu = 0,5% e Mo = 0,05%). Em relação aos tratos culturais, foi realizada poda de limpeza, capina manual, escarificação do solo e controle fitossanitários sempre que necessário durante o período experimental.

Aos 30 DAP (04/04/2021), as plantas foram divididas em quatro quadrantes (Norte, Sul, Leste e Oeste), para demarcação de novos ramos. Posteriormente, aos 304 DAP (03/01/2022 - período de plena floração e frutificação), foram coletados dois pares de folhas mais jovens completamente expandidas por cada quadrante na região do terço médio da copa e imediatamente acondicionadas em recipiente com temperatura de 4 °C, por período de 30 minutos. Imediatamente, após a coleta, todo o material foi levado ao laboratório e lavado com água destilada para eliminação de resíduos de contaminantes da superfície da folha e posteriormente armazenados em ultrafreezer, com temperatura mínima de -20 °C. A metade do material foi liofilizada para o preparo dos extratos para as análises de solutos orgânicos e inorgânicos; já a outra parte foi macerada para análise da atividade enzimática, conforme descritos a seguir.

2.1. Determinação do teor de solutos inorgânicos

Para a determinação dos teores de sódio (Na^+), potássio (K^+) e cloreto (Cl^-), extratos de amostras de folhas foram preparados em água deionizada seguindo a metodologia descrita em Azevedo Neto *et al.* (2020). Para isso, 10 mL de água deionizada foram adicionados em 0,1 g de amostra de pó seco, oriundo da moagem das folhas secas da planta. Os tubos foram aquecidos a 95 °C em um banho-maria por uma hora e, em seguida, centrifugados a 5.000 × g por cinco minutos. O sobrenadante foi filtrado utilizando papel filtro quantitativo para análises posteriores. Os teores de Na^+ e K^+ foram determinados por fotometria de chama (Faithfull, 2002), utilizando um fotômetro modelo Q498M2 (Quimis, Diadema, SP, BR). O teor de Cl^- foi determinado em um espectrofotômetro UV-VIS, modelo 2000 UV (Bel Engineering, Piracicaba, SP, BR) (Gaines *et al.*, 1984), utilizando uma solução de tiocianato de mercúrio em metanol absoluto e nitrato de ferro a 20,2%.

2.2. Determinação do teor de solutos orgânicos

Para determinação dos solutos orgânicos, o extrato foi obtido macerando-se, em almofariz, 0,1 g de tecido liofilizado de folhas em 6 mL de solução tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), contendo EDTA (0,1 mM). O extrato foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 10.000 × g por 15 min. O sobrenadante foi armazenado em ultrafreezer (-20 °C) e utilizado posteriormente nas determinações dos solutos orgânicos (carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre).

Os teores de carboidratos solúveis foram determinados pelo método do fenol-ácido sulfúrico por espectrofotometria a 490 nm (Dubois *et al.*, 1956). Os aminoácidos livres totais foram determinados por espectrofotometria a 570 nm, através do método da ninhidrina (Yemm; Cocking, 1955). A prolina livre foi determinada por espectrofotometria a 520 nm, através do método da ninhidrina ácida (Bates *et al.*, 1973). As proteínas solúveis foram determinadas por espectrofotometria a 595 nm pelo método de ligação proteína-corante (Bradford, 1976).

2.3. Determinação da atividade das enzimas antioxidantes

Para a determinação da atividade enzimática (superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase), 200 mg de tecido foliar foram macerados em 2 mL de solução tampão fosfato de potássio (50 mM e pH 7,5), acrescido de ácido ascórbico (0,1 mM), EDTA (0,1 mM) e polivinilpirrolidona (3%). Posteriormente, o extrato foi centrifugado a $10.000 \times g$ a temperatura de 4 °C durante 20 minutos, utilizando-se uma centrífuga refrigerada modelo Mikro200r. O sobrenadante foi aspirado e transferido para tubos de centrífuga com capacidade para 2 mL, os quais foram mantidos em ultrafreezer a -20 °C até o momento das análises.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada com base na capacidade de inibição da fotorredução do nitro blue tetrazolium (NBT) pela enzima presente no extrato (Beauchamp; Fridovich, 1971). A atividade da catalase (CAT) foi quantificada de acordo com Kar e Mishra (1976) com base no consumo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) pela enzima presente no extrato. Para a determinação da atividade da ascorbato peroxidase (APX), a diminuição da absorbância a 290 nm foi medida a partir da adição de H_2O_2 ao meio de reação (Nakano; Asada, 1981).

2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição (teste de Shapiro-Wilk). Na sequência, os dados também foram submetidos à análise de componentes principais (PCA), e os tratamentos foram plotados em relação aos dois primeiros componentes (PC1 e PC2). O número de grupos foi definido com base na dispersão nos dois primeiros componentes (PC1 e PC2) por análise de cluster e o coeficiente de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) para determinar correlações entre as variáveis pertencentes a atividade enzimática e aos teores de solutos orgânicos e inorgânicos. Para solutos orgânicos e atividade enzimática, foi realizada a análise de variância ($p \leq 0,05$ e $0,01$). No caso de significância, para a comparação das médias utilizou-se teste F para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e o teste de agrupamento de Scott-Knott para combinações de fertilização (NPK). As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R v.4.0.1 (R CORE TEAM, 2022).

3. Resultados e Discussão

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2). Os autovalores e a porcentagem de variação explicados por cada

componente representaram conjuntamente 54,63% da variação total, sendo o CP1 explicado por 38,56% da variância e o CP2 com 16,07% da variância total (Tabela 2).

Tabela 2. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) e coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais, em plantas de aceroleira cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.

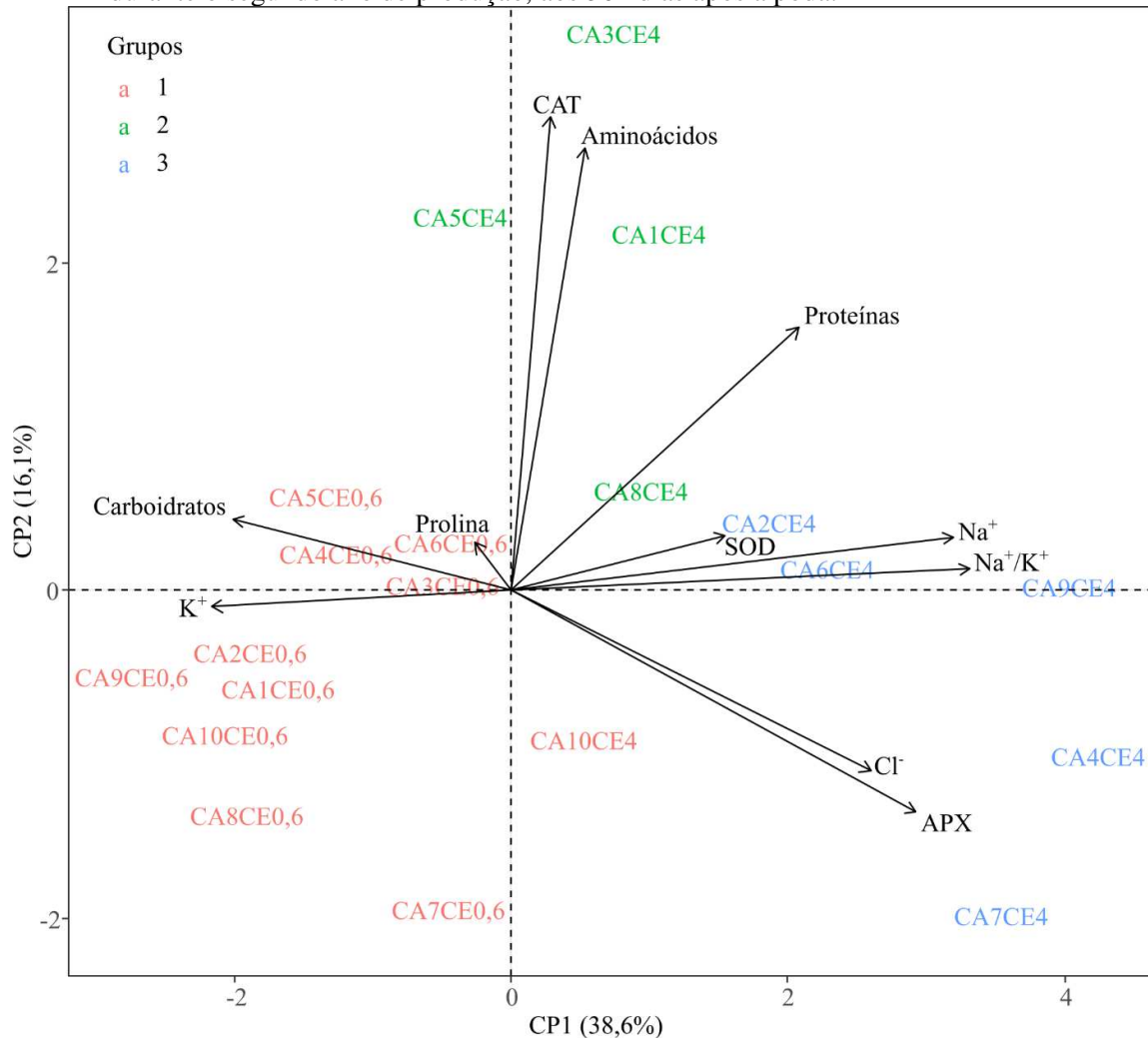
	Componentes principais	
	CP1	CP2
Variância	4,24	1,77
% de variância	38,56	16,07
Variância acumulada (%)	38,56	54,63

CPs	Autovetores										
	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Na ⁺ /K ⁺	CAR	PRT	AMI	PRO	SOD	CAT	APX
CP1	0,359	0,442	-0,299	0,458	-0,277	0,287	0,073	-0,036	0,213	0,038	0,404
CP2	-0,236	0,070	-0,021	0,028	0,093	0,343	0,578	0,063	0,072	0,620	-0,290

CPs - principais componentes: CP1 – componente principal 1; CP2 – componente principal 2. Solutos inorgânicos: Cl⁻, Na⁺, K⁺, Na⁺/K⁺; Solutos orgânicos: CAR - carboidratos solúveis, PRT - proteínas solúveis, AMI - aminoácidos livres e PRO - prolina livre; Atividade enzimática: SOD - superóxido dismutase, CAT - catalase e APX - ascorbato peroxidase.

Três grupos foram formados a partir da combinação dos tratamentos. O grupo 1 foi formado por todas as combinações de NPK e plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,6 dS m⁻¹ (CE0.6), assim como pela combinação CA10 com água de irrigação de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ (CE4). O segundo grupo foi formado pelas de combinações de NPK CA3, CA4, CA5 e CA8 com CE4. Enquanto o grupo 3 foi formado pela CA2, CA4, CA6, CA7 e CA9 com CE4 (Figura 2).

Figura 2. Análise de componentes principais com clusters para a combinação dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e combinações de NPK (CA) em plantas de aceroleira, durante o segundo ano de produção, aos 304 dias após a poda.



CP1 – componente principal 1; CP2 – componente principal 2; CA – combinações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), sendo: CA1 = 80-100-100%; CA2 = 100-100-100%; CA3 = 120-100-100%; CA4 = 140-100-100%; CA5 = 100-80-100%; CA6 = 100-120-100%; CA7 = 100-140-100%; CA8 = 100-100-80%; CA9 = 100-100-120% e CA10 = 100-100-140% da recomendação de Cavalcante (2005) para o segundo ano de cultivo; CE4 – condutividade elétrica da água de irrigação (4,0 dS m⁻¹) e CE0,6 (0,6 dS m⁻¹); Solutos inorgânicos: Cl⁻, Na⁺, K⁺; Solutos orgânicos: carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina livre; Atividade enzimática: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX).

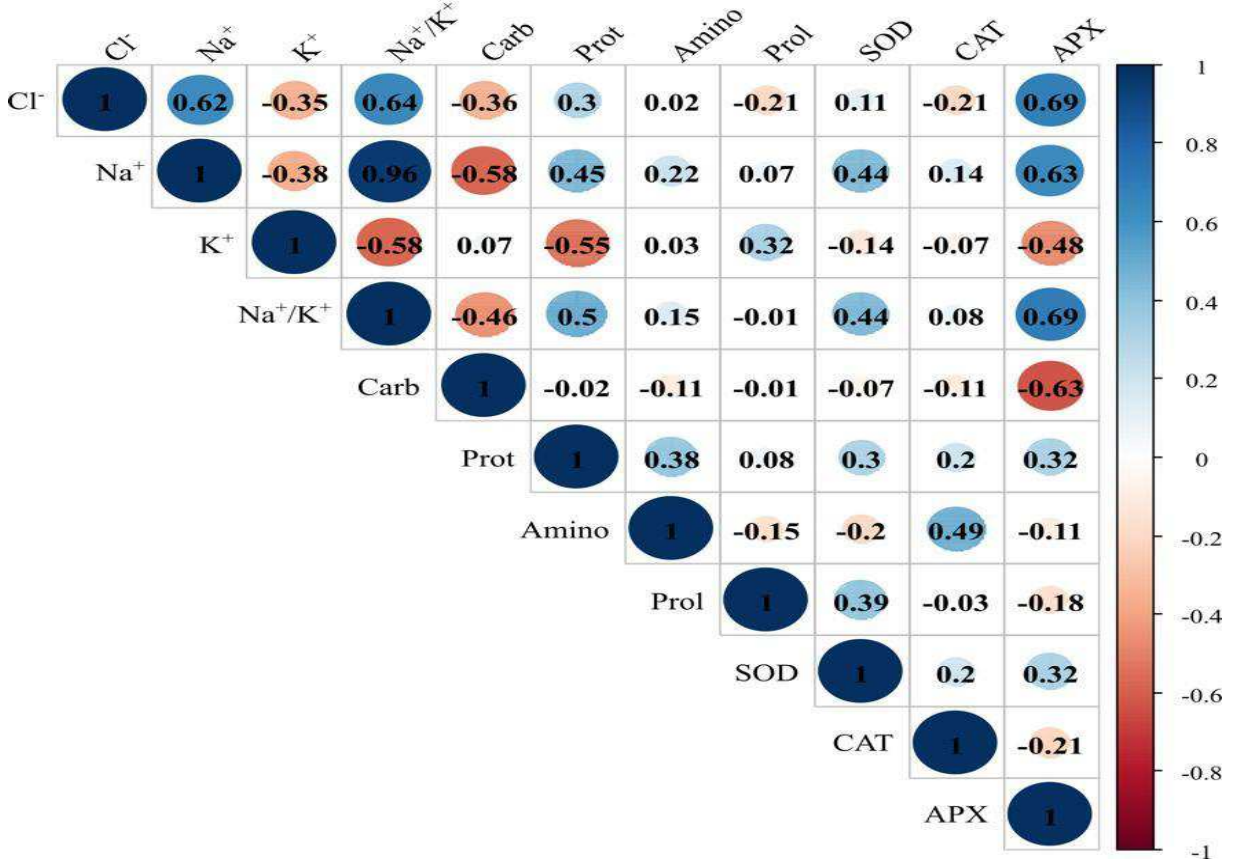
Fonte: Dados da Pesquisa

Os teores de proteínas e Na⁺, a relação Na⁺/K⁺ e a atividade da SOD tiveram alta relação com as combinações CA4CE4 (140-100-100% da dose recomendada de NPK e CEa de 4,0 dS m⁻¹) e CA9CE4 (100-100-120% da dose recomendada de NPK e CEa de 4,0 dS m⁻¹). O teor de Cl⁻ e a atividade da APX teve maior relação com a combinação CA7CE4 (100-140-100% da dose recomendada de NPK e CEa de 4 dS m⁻¹). Tais combinações pertencem ao mesmo grupo. O teor de aminoácidos e a atividade de CAT teve maior relação com as combinações CA1CE4 (80-100-100% da dose recomendada de NPK e CEa de 4,0 dS m⁻¹), CA3CE4 (120-100-100%

da dose recomendada de NPK e CEa de 4,0 dS m⁻¹), CA5CE4 (100-80-100% da dose recomendada de NPK e CEa de 4,0 dS m⁻¹), sendo que esses tratamentos pertencem ao mesmo grupo. Os teores de carboidratos e K⁺ tiveram maior relação com as combinações CA9CE0.6 (100-100-120% da dose recomendada de NPK e CEa de 0,6 dS m⁻¹) e CA10CE0.6 (100-100-140% da dose recomendada de NPK e CEa de 0,6 dS m⁻¹). O teor de prolina teve uma baixa contribuição para a análise de componentes principais.

A atividade da enzima SOD teve relação positiva com os teores de Na⁺ e relação Na⁺/K⁺, assim como a atividade da enzima APX com o teor de Cl⁻. A atividade da CAT teve relação positiva com o teor de aminoácidos, assim como os teores de K⁺ com o de prolina. O teor de K⁺ teve relação negativa com os teores de Cl⁻, Na⁺ e relação Na⁺/K⁺, enquanto o teor de prolina teve relação negativa com o teor de Cl⁻ e atividade da APX. O teor de proteína se correlacionou positivamente com os teores de aminoácidos e a atividade das enzimas SOD, CAT e APX (Figura 3).

Figura 3. Correlação de Pearson para os teores de solutos orgânicos e inorgânicos e atividade enzimática em plantas de aceroleira cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação (CA) com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda. Correlações significativas ($p \leq 0,05$) estão sombreadas em círculos.



Fonte: Dados da Pesquisa

Nitrogênio e potássio desempenham papéis cruciais na síntese de proteínas nas plantas. O nitrogênio é um componente fundamental dos aminoácidos, que são os blocos de construção das proteínas, enquanto o potássio atua como um íon-chave na regulação osmótica e no transporte de nutrientes (Santos *et al.*, 2022; Taiz; Zeiger, 2017).

A alta relação Na^+/K^+ nas combinações CA4CE4 e CA9CE4 pode indicar um desequilíbrio iônico que afeta a absorção de nutrientes, impactando diretamente a síntese de proteínas.

A superóxido dismutase (SOD) é uma enzima antioxidante crítica para combater o estresse oxidativo nas plantas (Melo *et al.*, 2022). A forte relação positiva entre a atividade da SOD e os teores de Na^+ e a relação Na^+/K^+ (Figura 3) nas combinações CA4CE4 e CA9CE4 sugere que essas condições levam a um aumento do estresse oxidativo nas plantas (Figura 2). O excesso de Na^+ e o desequilíbrio iônico podem levar à produção de radicais livres, estimulando a atividade da SOD como mecanismo de defesa.

A atividade da peroxidase (APX) está ligada à detoxificação de peróxido de hidrogênio, um subproduto tóxico do metabolismo celular (Melo *et al.*, 2022). A alta relação entre a atividade da APX e o teor de Cl^- nas combinações CA7CE4 sugere que o excesso desse íon pode estar desencadeando a produção de H_2O_2 , levando à necessidade de maior atividade da APX para mitigar o estresse oxidativo. Além disso, a catalase (CAT) é outra enzima antioxidante que catalisa a decomposição do H_2O_2 em água e oxigênio. A forte relação positiva entre a atividade da CAT e os teores de aminoácidos (Figura 3) nas combinações CA1CE4, CA3CE4 e CA5CE4 (Figura 2) sugere que a presença adequada de aminoácidos pode estimular a defesa antioxidante das plantas. Os aminoácidos podem servir como cofatores para as enzimas antioxidantes.

O potássio é vital para a regulação iônica nas células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2017). A relação negativa entre o teor de K^+ e os teores de Na^+ e a relação Na^+/K^+ (Figura 3) indica que, em condições de maior concentração de Na^+ , as plantas podem estar resistindo para manter o equilíbrio de K^+ nas células, o que tem implicações diretas no transporte de água e nutrientes.

O resumo da análise de variância mostra que os tratamentos não afetaram ($p > 0,05$) o teor de carboidratos solúveis. Por outro lado, os teores de proteínas solúveis tiveram efeito significativo ($p \leq 0,01$) apenas para o fator CEa. Adicionalmente, a interação entre a CEa e as

CA afetou ($p \leq 0,01$) os teores de aminoácidos livres e prolina nas folhas de aceroleira (Tabela 3).

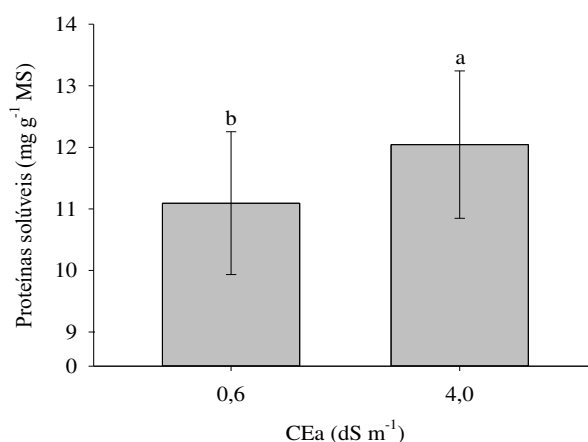
Tabela 3. Resumo da análise de variância para teores de solutos orgânicos - carboidratos solúveis (CAR), proteínas solúveis (PRT), aminoácidos livres (AMI) e prolina livre (PRO), presentes em matéria seca de folhas de aceroleira irrigada com águas salinizadas, e adubadas com diferentes combinações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		CAR	PRT	AMI	PRO
Condutividade elétrica da água – CEa	1	20766,15 ^{ns}	13,55 ^{**}	180,75 ^{**}	0,02 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	7548,18 ^{ns}	0,89 ^{ns}	126,21 ^{**}	0,86 ^{**}
Interação (CEa × CA)	9	1666,16 ^{ns}	0,71 ^{ns}	104,05 ^{**}	0,89 ^{**}
Bloco	2	14455,67 ^{ns}	1,84 ^{ns}	4,02 ^{ns}	0,15 [*]
Resíduo	38	5660,36	1,71	4,97	0,04
CV (%)		12,47	11,33	11,69	10,02

^{ns}, ^{*}, ^{**}, não significativos e significativo em nível de $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$, respectivamente.

O estresse salino aumentou (8,56%) os teores de proteínas solúveis nas folhas (Figura 4). Comumente, o estresse salino diminui os teores de proteínas nas folhas das plantas, como observado em tomateiro por Ali *et al.* (2021). Entretanto, em plantas tolerantes, estresse salino prolongado pode aumentar a expressão de genes relacionados à síntese de proteínas, como um mecanismo de adaptação em resposta ao estresse (Han *et al.*, 2019). O acúmulo de diferentes proteínas solúveis pode ser considerado uma estratégia vital para regular o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob estresse salino (Athar *et al.*, 2022).

Figura 4. Teores de proteínas solúveis em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) em função da salinidade da água de irrigação (CEa), durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda (DAP). Médias de três repetições \pm erro padrão. MS – Matéria seca.



Médias seguidas por mesmas letras não apresentam diferenças significantes ($p < 0,05$) entre si.
Fonte: Dados da Pesquisa

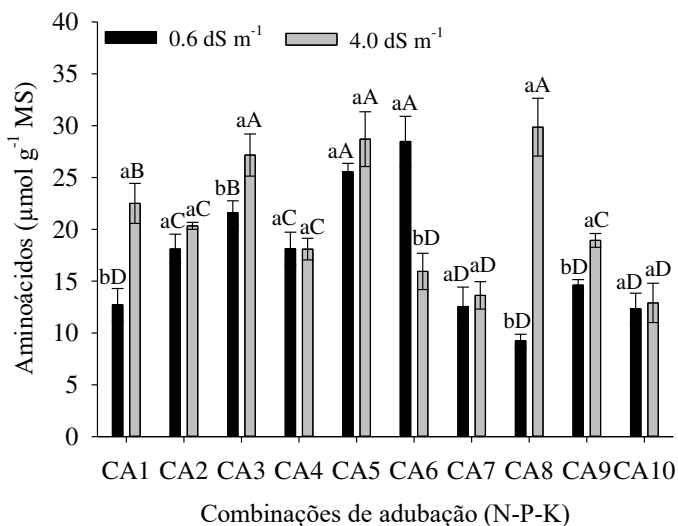
Han *et al.* (2019) reportaram que, em plantas de macieira (*Malus domestica* Borkh.) Royal Gala cultivadas em condições de elevado estresse salino, houve uma regulação positiva na expressão de proteínas relacionadas ao metabolismo energético e defesa antioxidante em suas folhas, conferindo às plantas a capacidade de tolerância ao estresse salino. É importante ressaltar que o aumento dos teores de proteínas foliares devido à salinidade pode variar entre as espécies e depender de fatores como a intensidade e duração do estresse salino. Além disso, essas proteínas estão diretamente envolvidas na obtenção de novos fenótipos que podem se adaptar a ambiente com estresse salino, contribuindo para processos metabólicos vitais. Assim, a contribuição de proteínas específicas é mais importante para os mecanismos de tolerância ao sal do que a quantidade de proteína (Athar *et al.*, 2022).

Os maiores teores de aminoácidos livres, em plantas não estressadas foram encontrados nos tratamentos CA5 e CA6 que apresentaram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, enquanto em condições de estresse salino (CEa=4 dS m⁻¹) observou-se valores superiores nas combinações CA3, CA5 e CA8 em relação aos demais combinações (Figura 5).

Os teores de aminoácidos livres aumentaram em 40,8 e 56,9% para as combinações CA5 e CA6, respectivamente, e diminuíram em 29,8; 30,9; 49,1; 19,3 e 32%, para as combinações CA1, CA7, CA8, CA9 e CA10, respectivamente em folhas de plantas cultivadas sem estresse salino em relação ao CA2 sob adubação recomendada (Figura 5). Sob condições de estresse salino, as combinações CA3, CA5 e CA8 aumentaram (33,4; 41,3 e 47%) e as combinações CA6, CA7, e CA10 diminuíram (21,6; 33 e 36,9%) o teor de aminoácidos livres (Figuras 5).

Em resumo, os resultados mostraram que, em ambas as condições (ausência e presença de estresse salino), a combinação CA5 aumentou, enquanto as combinações CA7 e CA10 reduziram os teores de aminoácidos quando comparados com as outras combinações.

Figura 5. Teores de aminoácidos livres em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.



CA1 = 80-100-100%; CA2 = 100-100-100% (controle); CA3 = 120-100-100%; CA4 = 140-100-100%; CA5 = 100-80-100%; CA6 = 100-120-100%; CA7 = 100-140-100%; CA8 = 100-100-80%; CA9 = 100-100-120% e CA10 = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O, para o segundo ano de produção. Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O (teste de Scott-Knott, $p \leq 0,05$) para o mesmo nível salino e mesmas letras minúsculas na mesma combinação de adubação não apresentam diferenças significativas entre os níveis salinos (teste F de Fisher, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão. MS – Matéria seca.

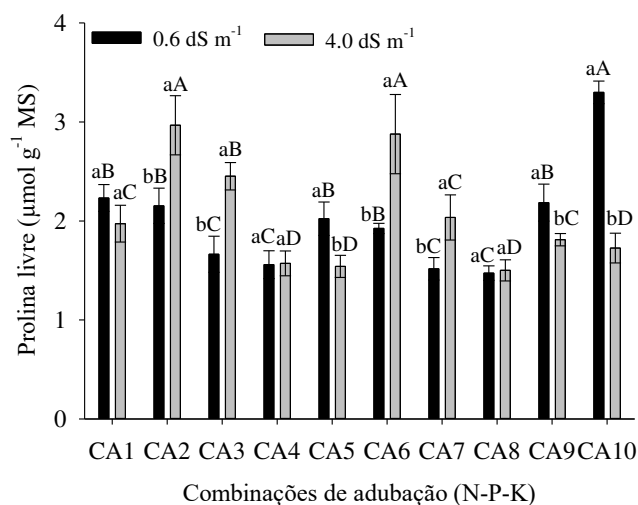
Fonte: Dados da Pesquisa

O estresse salino aumentou o teor de aminoácidos livres nas folhas quando as plantas foram submetidas às combinações de adubação CA1 (77%), CA3 (25%), CA8 (224%) e CA9 (29%), quando comparados com as plantas sem estresse. Por outro lado, a salinidade diminuiu o teor de aminoácidos em plantas submetidas à combinação CA6 (44%). Esse aumento sob condições de salinidade é devido ao mecanismo de aclimação das plantas para tolerar o estresse salino. Ressalte-se que os aminoácidos são considerados um dos principais solutos orgânicos relacionados ao ajustamento osmótico de plantas sob condição de estresse. Para Silva *et al.* (2019b), aminoácidos como a prolina e o ácido γ -aminobutírico (GABA) podem também estar relacionado ao consumo de espécies reativas de oxigênio. Além disso, o aumento do teor de aminoácidos pode estar relacionado ao fato de a adubação nitrogenada aumentar a atividade da enzima nitrato redutase, facilitando sua rápida conversão em precursores de N para a produção de aminoácidos necessários à síntese de proteínas (Ahanger *et al.*, 2019).

Os maiores teores de prolina, em plantas não estressadas foi encontrada na combinação CA10 que apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos, enquanto em condições de estresse ($CEa=4 \text{ dS m}^{-1}$) observou-se valores superiores nas combinações CA2 e CA6 em relação aos demais combinações (Figura 6).

A combinação de adubação CA10 aumentou (53%) o teor de prolina livre em plantas cultivadas sem estresse salino. Contudo, nas mesmas condições de salinidade, as combinações CA3, CA4, CA7 e CA8 diminuíram em média de 28% o teor de prolina livre quando comparados com a combinação CA2. Em condições de estresse salino, apenas a combinação CA6 teve teor de prolina livre semelhantes à combinação de fertilizantes na dose recomendada (CA2). As demais combinações tiveram reduções no teor de prolina livre CA3 (18%), CA1, CA7 e CA9 (em média 35%) e CA4, CA5, CA8 e CA10 (em média 47%) (Figura 6).

Figura 6. Teores de prolina livre em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) cultivadas sob estresse salino e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.



Para detalhes dos tratamentos ver Figura 5. Médias com mesmas letras maiúsculas não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O (teste de Scott-Knott, $p \leq 0,05$), para mesmo nível salino e mesmas letras minúsculas na mesma combinação de adubação não apresentam diferenças significativas entre os níveis salinos (teste F de Fisher, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão. MS – Matéria seca.

Fonte: Dados da Pesquisa

A salinidade da água de irrigação ($CEa=4,0 \text{ dS m}^{-1}$) aumentou em 38,1, 47,5, 49,4% e 33,5% os teores de prolina nas combinações CA2, CA3, CA6 e CA7, e diminuiu 23,7, 16,9, e 47,8% nas combinações CA5, CA9 e CA10 em comparação as plantas irrigadas sem estresse ($CEa=0,6 \text{ dS m}^{-1}$). O aumento expressivo observado sob a combinação CA10 em plantas não

estressadas pode ser pelo aumento do suprimento de K⁺. Weimberg *et al.* (1982) afirmam que abaixo da concentração considerada limiar, o aumento da aplicação de KCl aumenta a concentração de prolina nas folhas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench e com isso melhora o seu ajustamento osmótico em resposta ao sal.

A combinação CA6 se mostrou eficaz na mitigação dos efeitos negativos da salinidade sob a acumulação de prolina livre, a qual propiciou teores semelhantes à combinação da dose recomendada (CA2). Conforme Bargaz *et al.* (2016), o incremento do fornecimento de P no solo pode aumentar expressivamente a concentração de prolina em híbridos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados sob diferentes níveis de salinidade. Acrescente-se que a prolina desempenha um papel importante de osmoproteção, atuando na resiliência de plantas em situação de estresse abiótico (Melo *et al.*, 2022). Em condições de estresse salino o seu acúmulo é uma resposta adaptativa dos vegetais e isso se deve à manutenção do equilíbrio osmótico para proteger as estruturas celulares de danos (El Moukhtari *et al.*, 2020). Portanto, os resultados encontrados no presente estudo reforçam a importância do manejo adequado da fertilização para atenuar o efeito deletério da salinidade no cultivo da aceroleira.

Houve interação ($p \leq 0,01$) entre os fatores CEa e CA para a atividade das enzimas antioxidantes nas folhas da aceroleira (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) em folhas de aceroleira irrigada com águas salinizadas, e combinação de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), aos 304 dias após a poda, durante o segundo ano de produção.

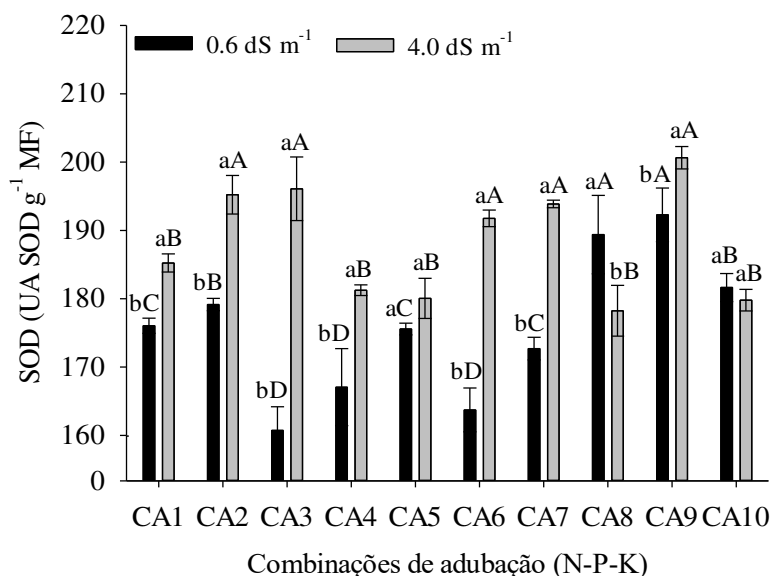
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios		
		SOD	CAT	APX
Condutividade elétrica da água – CEa	1	2302,89**	10,23**	10,03**
Combinações de adubação – CA	9	236,59**	2,88**	1,28**
Interação (CEa × CA)	9	285,85**	1,91**	1,22**
Bloco	2	13,21 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,058 ^{ns}
Resíduo	38	16,38	0,003	0,046
CV (%)		2,22	6,23	12,55

^{ns}, **, não significativos e significativo a $p \leq 0,01$, respectivamente.

Maior atividade da superóxido dismutase (SOD), em plantas não estressadas foram encontradas nos tratamentos CA8 e CA9 que apresentaram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, enquanto em condições de estresse (CEa=4 dS m⁻¹) constatou-se valores superiores nas combinações CA2, CA3, CA6, CA7, CA8 e CA9 em relação aos demais combinações (Figura 7).

Plantas crescidas sem estresse salino e sob combinações CA8 e CA9 tiveram maior atividade da SOD (5,7 e 7,3%), enquanto as combinações CA3, CA4 e CA6 apresentaram menor atividade (11,4; 7,2 e 9,4%), quando comparadas com a combinação CA2. Já em plantas submetidas ao estresse salino, as combinações CA1, CA4, CA5, CA8 e CA10 tiveram menor atividade (5,1; 7,2; 7,8; 8,7 e 7,9%). Ao analisar o efeito da salinidade dentro de cada combinação, pode-se observar que na maioria das combinações (CA1, CA2, CA3, CA4, CA6, CA7 e CA9), a salinidade aumentou (5,2; 9,0; 22,0; 8,5; 17,1; 12,3 e 4,34%) a atividade da SOD nas folhas, quando comparado com respectivos sem estresse salino (Figura 7). Enquanto isso, nas combinações CA5 e CA10, a salinidade não alterou a atividade da SOD. E em contraste, na combinação CA8, a atividade da SOD foi reduzida em 6% pelo estresse salino, quando comparado sob a condição de CEa=0,6 dS m⁻¹ (Figura 7).

Figura 7. Atividade da superóxido dismutase (SOD) em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.



Para detalhes dos tratamentos ver Figura 5. Médias com mesmas letras maiúsculas não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O (teste de Scott-Knott, p ≤ 0,05) para mesmo nível salino e mesmas letras minúsculas na mesma combinação de adubação não apresentam diferenças significativas entre os níveis salinos (teste F de Fisher, p ≤ 0,05). Médias de três repetições ± erro padrão. MF – Matéria fresca.

Fonte: Dados da Pesquisa.

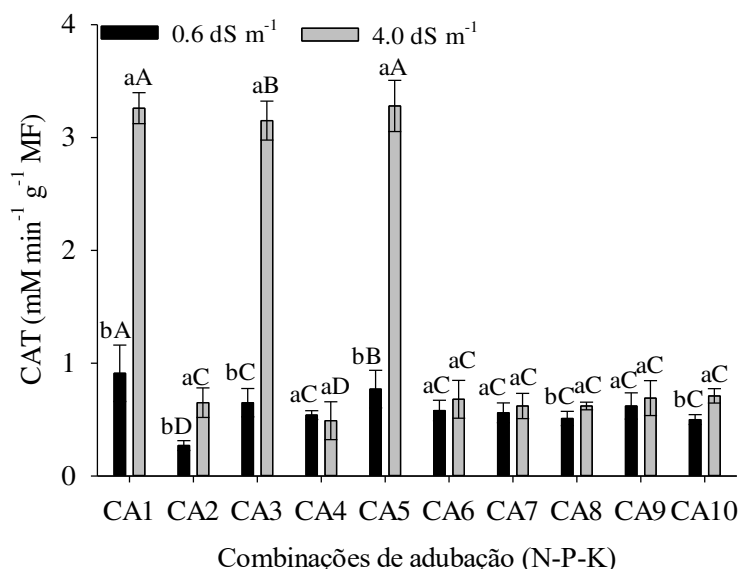
A menor atividade da SOD em plantas cultivadas sem estresse salino pode estar associada a maior disponibilidade de N e P₂O₅. Silva *et al.* (2019b) reportaram que o aumento da adubação fosfatada reduziu a atividade da SOD e outras enzimas antioxidantes, a partir da

dose estimada de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em cana-de-açúcar cultivadas sob adubação de 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no pré-plantio. Adicionalmente, Liao *et al.* (2019), estudando o efeito da fertilização nitrogenada (0 a 2,72 kg ano⁻¹, nas fases de a germinação, queda fisiológica dos frutos), expansão dos frutos jovens e período de mudança de cor) em citrus cv. Huangguogan, afirmaram que fertilização aplicada em altas concentrações pode reduzir a eficiência da atividade da SOD, e quando feita adequadamente melhora a atividade enzimática no combate aos radicais livres. Isso pode estar relacionado ao fato que a taxa apropriada de aplicação de N melhora a atividade de enzimas antioxidantes, aumenta a capacidade de eliminação das ROS pelas células do mesófilo e mantém a estabilidade das células, aumentando o crescimento das plantas (Yue *et al.*, 2021). Sob condições de estresse, a SOD representa a principal linha de defesa das plantas e é responsável pela eliminação de O₂⁻, que é o componente mais abundante das EROS (Elsawy *et al.*, 2018). As atividades aumentadas dessas enzimas são comumente associadas à defesa contra o dano oxidativo e, conseqüentemente, mitigar os efeitos nocivos do estresse salino.

Maior atividade da catalase (CAT), foram encontradas em plantas não estressadas, no tratamento CA1 que apresentaram diferenças significativas em relação as demais combinações, enquanto em condições de estresse (CEa=4 dS m⁻¹) constatou-se valores superiores nas combinações CA1, CA3 e CA5 em relação aos demais combinações (Figura 8).

Diferente do comportamento observado na enzima SOD, em plantas não estressadas, houve redução na atividade da CAT ((70,3; 28,5; 40,6; 15,3; 36,2; 38,4; 43,9; 31,8 e 45%, respectivamente para as combinações CA2, CA3, CA4, CA5, CA6, CA7, CA8, CA9 e CA10) em relação a combinação CA1. De mesmo modo, em plantas estressadas, na combinação CA2 a atividade da CAT diminuiu (80,1; 79,3 e 80,2 em relação as combinações CA1, CA3 e CA5, respectivamente). Por outro lado, em plantas sob estresse salino, houve um expressivo aumento na atividade da CAT nas combinações CA1 (média 385,4%), CA3 (média 401%) e CA5 (média 421,7%), em comparação às demais. Nas combinações CA1, CA3 e CA5, a salinidade (CEa=4,0 dS m⁻¹) aumentou expressivamente a atividade da CAT em 258,2; 384,6 e 325,9%, respectivamente, quando comparados com seus respectivos controles (CEa=0,6 dS m⁻¹). Já nas combinações CA2, CA8 e CA10, esses aumentos foram de 140,7; 21,5 e 42%, respectivamente. Em contraste, nas demais combinações a salinidade não alterou a atividade da CAT nas folhas da aceroleira (Figura 8).

Figura 8. Atividade da catalase (CAT) em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.



Para detalhes dos tratamentos ver Figura 4. Médias com mesmas letras maiúsculas não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O (teste de Scott-Knott, $p \leq 0,05$) para mesmo nível salino e mesmas letras minúsculas na mesma combinação de adubação não apresentam diferenças significativas entre os níveis salinos (teste F de Fisher, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão. MF – Matéria fresca.

Fonte: Dados da Pesquisa

A catalase (CAT) é a enzima que está diretamente relacionada à eliminação de H₂O₂, principalmente sob condições de estresse salino. Diversos autores reportaram que a atividade da catalase é crucial para eliminação de H₂O₂ em plantas sob condições de estresse, devido seu elevado valor de K_m (entre 40 e 600 mM), indicando que a atividade da CAT pode aumentar linearmente com o aumento da concentração de H₂O₂ (Ahanger *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021; Ali *et al.*, 2021; Melo *et al.*, 2022).

Importante pontuar, que plantas sob estresse salino (4,0 dS m⁻¹), durante a respiração celular, o oxigênio molecular (O₂) aceita quatro elétrons para produzir duas moléculas de água, porém, apenas é capaz de aceitar um elétron por vez. Este mecanismo leva a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS), capazes de reagir com várias biomoléculas, alterando-as ou levando à inativação e consequente perda de atividade biológica (Belo; Souza, 2016). Além disso, estresses por deficiência (80% da dose recomendada) ou excesso (120% da dose recomendada) de nitrogênio podem ter promovido maior atividade da catalase. De fato, isso ocorreu para atenuação da peroxidação lipídica desencadeada pela atividade do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) que ocasionou aumento do extravasamento de eletrólitos (Silva Filho *et al.*, 2023a), o

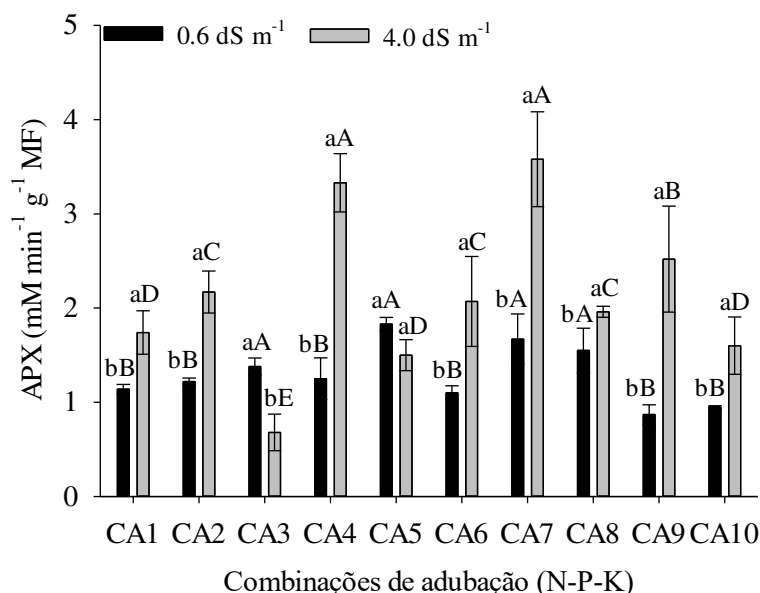
que é justificado pela ativação do mecanismo antioxidativo, indicado pelo aumento da atividade da enzima catalase (CAT) para dismutar o peróxido em água e oxigênio. Acrescenta-se que isso pode ter sido complementado pelo mecanismo de ajustamento osmótico, indicado pelo aumento dos teores de aminoácidos (Figura 5) e proteínas (Figura 4), o que também pode ser justificado pela diminuição do conteúdo relativo de água na folha (Silva Filho *et al.*, 2023a), uma vez que os tecidos foliares continham maior quantidade de compostos amino proteicos. Por outro lado, quando a adubação nitrogenada foi excessiva, pode ter havido sinergismo entre os sais e potencialização do estresse salino, o que também pode ter ocasionado desbalanço homeostático e compensação pelo aumento dos teores de aminoácidos e proteínas.

Nas plantas adubadas com a combinação FC5, a deficiência de fósforo no solo (80% da dose recomendada) associada ao estresse salino pode ter aumentado a atividade do H₂O₂ devido à instabilidade da dupla camada fosfolipídica e enfraquecimento das ligações de alta energia, como aquelas encontradas no trifosfato de adenosina (ATP), o que induziu aumento do vazamento de eletrólitos e redução da eficiência quântica do fotossistema II (Silva Filho *et al.*, 2023b), conforme ratificam Kaya *et al.* (2024) e Dissanayaka *et al.* (2021).

Maior atividade de ascorbato peroxidase (APX) foram encontradas em plantas não estressadas, nos tratamentos CA5, CA7 e CA8 que apresentaram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, enquanto sob condições de estresse (CEa=4 dS m⁻¹) constatou-se valores superiores nas combinações CA4 e CA7 em relação as demais combinações (Figura 9).

Plantas cultivadas sem estresse salino e sob as combinações CA3, CA5, CA7 e CA8 tiveram maior atividade da APX (13,1; 50; 36,9 e 27%, respectivamente) que a combinação CA2 com a adubação recomendada. Por outro lado, sob condições de salinidade, as combinações CA4 e CA7 tiveram maior atividade (53,4 e 64,9%), seguidos da combinação CA9 com um aumento de 16% em comparação com a combinação CA2. Já nas combinações CA1, CA5 e CA10, houve uma redução 19,8; 30,9 e 26,3%, respectivamente, quando comparadas com a combinação CA2. A aplicação das combinações CA1, CA2, CA4, CA6, CA7, CA8, CA9 e CA10, aumentaram a atividade da APX em plantas cultivadas sob estresse salino, com aumento de 34,4; 77,8; 166,4; 88,1; 114,3; 26,4; 189,6 e 68,4%, respectivamente, em comparação as plantas não estressadas (Figura 9).

Figura 9. Atividade da ascorbato peroxidase (APX) em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) cultivadas sob estresse salino (CEa) e combinações de adubação com NPK durante o segundo ano de cultivo, aos 304 dias após a poda.



Para detalhes dos tratamentos ver Figura 5. Médias com mesmas letras maiúsculas não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubação com N-P₂O₅-K₂O (teste de Scott-Knott, $p \leq 0,05$) para mesmo nível salino e mesmas letras minúsculas na mesma combinação de adubação não apresentam diferenças significativas entre os níveis salinos (teste F de Fisher, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão. MF – Matéria fresca.

Fonte: Dados da Pesquisa

Assim como a CAT, a enzima APX também é responsável pela eliminação de H₂O₂ em plantas. Entretanto, seu baixo valor de K_m (abaixo de 100 μ M) indica que esta enzima remove menores quantidades de H₂O₂ quando comparada à CAT (Nelson; Cox, 2014). Entretanto, neste estudo, as respostas relacionadas à atividade da APX nas folhas da aceroleira sob estresse salino foram aparentemente mais representativas. Esses resultados podem indicar que, para essa frutífera, nestas condições estudadas, o desbalanço provocado pela salinidade produz baixas concentrações de H₂O₂, o qual favorece o aumento da atividade da APX (Silva *et al.*, 2021). Outra possível explicação para este efeito é que, em aceroleiras pode ser a elevada concentração de ascorbato em suas folhas, pois o mesmo, é o principal agente redutor na reação da APX (Deuner *et al.*, 2008; Maruta; Ishikawa, 2017; Barros *et al.*, 2019).

Os resultados apresentados neste estudo, colaboram com os relatados por Abid *et al.* (2020) que também verificaram o aumento na atividade da catalase em plantas de kiwi cultivadas sob condições de estresse salino. Além disso, esses efeitos estão relacionados ao fato

que o nitrogênio pode melhorar a capacidade antioxidante e a tolerância ao sal (Ahanger *et al.*, 2019). Adicionalmente, em consonância com os resultados deste estudo, já foi reportado que a aplicação de nitrogênio resultou em um notável aumento nos níveis de enzimas antioxidantes em culturas como soja (Borella *et al.*, 2019), *Catharanthus roseus* (Misra; Gupta, 2006) e mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.) (Yañez-Mansilla *et al.*, 2014).

4. Conclusões

Em resposta à irrigação com água de salinidade de 4,0 dS m⁻¹, a aceroleira aumenta o teor de proteínas solúveis nas folhas como uma estratégia de tolerância. A combinação de adubação CA6 se mostrou eficaz na mitigação dos efeitos negativos da salinidade sob a acumulação de prolina livre nas aceroleiras. No entanto, o teor de prolina não se mostra eficaz como indicador de estresse nas aceroleiras. A combinação de adubação CA5 - 100-80-100% de recomendação de NPK (200, 24 e 80 g planta⁻¹ de NPK) para o segundo ano de produção modula a atividade enzimática da SOD e APX, a qual atenua os impactos da salinidade na aceroleira, sendo uma escolha eficiente para preservar a sua homeostase redox sob estresse salino.

A irrigação com água de diferentes condutividades elétrica (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) apresenta processos distintos em relação à atividade enzimática e produção de compostos orgânicos solúveis. Sob irrigação com baixa CEa houve maior acúmulo de carboidratos solúveis e prolina, apresentando menor atividade enzimática (SOD e APX). Efeito oposto foi observado nos tratamentos de maior condutividade elétrica, onde há maior atividade enzimática e menor quantidade de compostos como prolina e carboidrato. Nos tratamentos de maior condutividade elétrica, a atividade enzimática foi favorecida, provavelmente em resposta ao estresse oxidativo induzido pelo estresse salino. Portanto, a resposta da acerola à salinidade foi mais no sentido da busca da homeostase redox do que da homeostase osmótica por meio do acúmulo de solutos compatíveis com o metabolismo.

A realização de estudos complementares se torna imperativa para elucidar os mecanismos moleculares subjacentes e compreender a exata influência da combinação específica de fertilizantes. Esses discernimentos se mostram cruciais para aprimorar as práticas de fertilização, fortalecer a tolerância das fruteiras frente à salinidade e fomentar a produção sustentável em condições adversas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, a Universidade Estadual da Paraíba, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio na realização desta pesquisa e ao Dr. Leandro de Pádua Souza, pelo seu empenho na montagem inicial do experimento e condução do primeiro ano de cultivo.

Referências

ABID, M.; ZHANG, Y. J.; LI, Z.; BAI, D. F.; ZHONG, Y. P.; FANG, J. B. Effect of salt stress on growth, physiological and biochemical characters of four kiwi fruit genotypes. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 271, 109473, p. 1 - 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109473>.

AHAMED, A.A.; ABDALLA, A.M.S. Effect of salinity and NPK fertilizer on the total soluble solids (TSS) and N, P and K in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* L). **International Journal of Academic Multidisciplinary Research**, Bowling Green, v. 3, n. 2, p. 38 - 42, 2019.

AHANGER, M. A.; QIN, C.; BEGUM, N.; MAODONG, Q.; DONG, X. X.; EL-ESAWI, M.; ALATAR, A. A.; ZHANG, L. Nitrogen availability prevents oxidative effects of salinity on wheat growth and photosynthesis by up-regulating the antioxidants and osmolytes metabolism, and secondary metabolite accumulation. **BMC Plant Biology**, [s. l.], v. 19, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2085-3>.

ALI, M. B.; JEDDI, K.; ATTIA, M. S.; ELSAYED, S. M.; YUSUF, M.; OSMAN, M. S.; SOLIMAN, M. H.; HESSINI, K. Wuxal amino (Bio stimulant) improved growth and physiological performance of tomato plants under salinity stress through adaptive mechanisms and antioxidant potential. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Riad, v. 28, n.6, p. 3204 - 3213, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.04.040>.

ATHAR, H. U. R.; ZULFIQAR, F.; MOOSA, A.; ASHRAF, M.; ZAFAR, Z. U.; ZHANG, L.; AHMED, N.; KALAJIH, M.; NAFEES, M.; HOSSAIN, M. A.; ISLAM, M. S.; ELSABAGH, A.; SIDDIQUE, K. H. M. Salt stress proteins in plants: An overview. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 13, 999058, p. 1 - 23, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.999058>.

AZEVEDO NETO, A. D.; MOTA, K. N. A. B.; SILVA, P. C. C.; COVA, A. M. W, RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Selection of sunflower genotypes for salt stress and mechanisms of salt tolerance in contrasting genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, e020120, p. 1 - 14, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202044020120>.

BARGAZ, A.; NASSAR, R. M. A.; RADY, M. M.; GABALLAH, M. S.; THOMPSON, S. M.; BRESTIC, M.; SCHMIDHALTER, U.; ABDELHAMID, M. T. Improved salinity tolerance by phosphorus fertilizer in two *Phaseolus vulgaris* recombinant inbred lines contrasting in their P-efficiency. **Journal of Agronomy and Crop Science**, [s. l.], v. 202, n. 6, p. 497 - 507, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12181>.

BARROS, B. R. S.; BARBOZA, B. R.; RAMOS, B. A.; MOURA, M. C. D.; COELHO, L. C. B.; NAPOLEÃO, T. H.; CORREIA, M. T. S.; PAIVA, P. M. G.; CRUZ FILHO, I. J. D.; SILVA, T. D. D.; LIMA, C. S. A.; MELO, C. M. L. D. Saline extract from *Malpighia emarginata* DC leaves showed higher polyphenol presence, antioxidant and antifungal activity and promoted cell proliferation in mice splenocytes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n.e20180358, p. 1 - 15, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201920180358>.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, n. 1, p. 205 - 207, 1973. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.

BEAUCHAMP, A.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 276 - 287, 1971. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).

BELO, M. F. R. F.; SOUZA, A. L. F. Estudo cinético da enzima catalase (E.C. 1.11.1.6) de extrato bruto de batata doce (*Ipomoea batatas*). **Scientia Plena**, Aracajú, v. 12, n. 7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.071001>.

BORELLA, J.; BECKER, R.; LIMA, M. C.; OLIVEIRA, D. D. S. C. D.; BRAGA, E. J. B.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; AMARANTE, L. D. Nitrogen source influences the antioxidative system of soybean plants under hypoxia and re-oxygenation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, n. 1, p. 51 - 62, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0195>.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, [s. l.], v. 72, n. 1 - 2, p. 248 - 254, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>.

CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 3.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

DEUNER, S.; ALVES, J. D.; FRIES, D. D.; ZANANDREA, I.; LIMA, A. A.; HENRIQUE, P. C.; GOULART, P. F. P. Peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico influenciando a atividade de enzimas antioxidantes de mudas de cafeeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 135-140, 2008.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. A.; PAIVA, F. J. S.; SILVA, S. S. Effect of combined potassium-phosphorus fertilization on gas exchange, antioxidant activity and fruit production of West Indian cherry under salt stress.

Arid Land Research and Management, v. 36, n. 2, p. 163 - 180, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/15324982.2021.1959464>.

DISSANAYAKA, D. M. S. B.; GHAREMANI, M.; SIEBERS, M.; WASAKI, J.; PLAXTON, W.C. Recent insights into the metabolic adaptations of phosphorus-deprived plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 72, n. 2, p. 199 – 223, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa482>.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, n. 3, p. 350 - 356, 1956. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>.

EL MOUKHTARI, A.; CABASSA-HOURTON, C.; FARISSI, M.; SAVOURÉ, A. How does proline treatment promote salt stress tolerance during crop plant development? **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 11, n. 1127, p. 1 - 16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01127>.

ELSAWY, H. I. A.; MEKAWY, A. M. M.; ELHITY, M. A.; ABDEL-DAYEM, S. M.; ABDELAZIZ, M. N.; ASSAHA, D. V. M.; ABDELAZIZ, M. N.; ASSAHA, D. V. M.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Differential responses of two Egyptian barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars to salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s. l.], v. 127, p. 425 - 435, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.04.012>.

FAITHFULL, N. T. **Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. 266p.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate extraction. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 76, n. 3, p. 371 - 374, 1984. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600030005x>.

HAN, P. L.; DONG, Y. H.; JIANG, H.; HU, D. G.; HAO, Y. J. Molecular cloning and functional characterization of apple U-box E3 ubiquitin ligase gene MdPUB29 reveals its involvement in salt tolerance. **Journal of Integrative Agriculture**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 1604-1612, 2019. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62594-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62594-3).

HASANUZZAMAN, M.; BORHANNUDDIN, B. M. H. M.; ZULFIQAR, F.; RAZA, A.; MOHSIN, S. M.; MAHMUD, J.A.; FUJITA, M.; FOTOPOULOS, V. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Biochemical Pharmacology**, [s. l.], v. 24 n. 17, p. 1639 - 1641, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: Ranking - acerola dos Estados do Brasil por quantidade produzida**. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0etema=76215. Acesso em 07 jul. 2023.

JAKOBSEN, S. T. Interaction between plant nutrients: III. antagonism between potassium, magnesium and calcium. **Acta Agriculturae Scandinavica: Section B - Soil & Plant Science**, Estocolmo, v. 43, n. 1, p. 1 - 5, 1993. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09064719309410223>.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 315 - 319, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1104%2Fpp.57.2.315>.

KAYA, C.; UĞURLAR, F.; ASHRAF, M.; ALYEMENI, M. N.; DEWIL, R.; AHMAD, P. Mitigating salt toxicity and overcoming phosphate deficiency alone and in combination in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants through supplementation of hydrogen sulfide. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 351, 119759, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119759>.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. P. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and experimental botany**, [s. l.], v. 49, p. 107 - 120, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00064-3).

LIAO, L.; DONG, T.; QIU, X.; RONG, Y.; SOL, G.; WANG, Z.; ZHU, J. Antioxidant enzyme activity and growth responses of Huangguogan citrus cultivar to nitrogen supplementation. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, [s. l.], v. 83, n. 10, p. 1924– 1936, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09168451.2019.1634513>.

MARUTA, T.; ISHIKAWA, T. Ascorbate peroxidases: Crucial roles of antioxidant enzymes in plant stress responses. In: HOSSAIN, M.; MUNNÉ-BOSCH, S.; BURRITT, D.; DIAZ-VIVANCOS, P.; FUJITA, M.; LORENCE, A. (eds.). **Ascorbic acid in plant growth, development and stress tolerance**. Cham: Springer, 2017. p. 111 - 127. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74057-7_4.

MELO, A. S.; MELO, Y. L.; LACERDA, C. F.; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L. S.; GHEYI, H. R. Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Metabolic changes and tolerance induction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 3, p. 190 – 197, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n3p190-197>

MISRA, N.; GUPTA, A. K. Effect of salinity and different nitrogen sources on the activity of antioxidant enzymes and indole alkaloid content in *Catharanthus roseus* seedlings. **Journal of Plant Physiology**, [s. l.], v. 163, p. 11 - 18, 2006 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.02.011>.

MUNNS, R.; PASSIOURA, J. B.; Colmer, T. D.; Byrt, C. S. Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. **New Phytologist**, Lancaster, v. 225, p. 1091 - 1096, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15862>

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplast. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867 - 880, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed Porto Alegre: Artmed, 2014.

PESSOA, L. G. M.; FREIRE, M. B. G. S.; GREEN, C. H. M.; MIRANDA, M. F. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; PESSOA, W. R. L. S. Assessment of soil salinity status under different land-use conditions in the semiarid region of Northeastern Brazil. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 141, n. 109139, p. 1 - 11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109139>.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160 p.

SANTOS, J. P. A. S.; SILVA, J. O. N.; SALVADOR, K. R. S.; GUERRA, T. M.; JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, N. S. G.; AMARAL, E. M, LEITE, R. M. C.; AVIZ, R. O.; LEITE, M. L.M. V. Bioeconomic efficiency of mineral fertilization in sorghum crop. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 13, p.e563111335912, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35912>.

SANTOS, T. S. R.; LIMA, R. A. Cultivo de *Malpighia emarginata* L. no Brasil: uma revisão integrativa. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi. v. 8, n. 4, p. 333 - 338, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n4.santos>.

SHAH, Z. H.; REHMAN, H. M.; AKHTAR, T.; DAUR, I.; NAWAZ, M. A.; AHMAD, M. Q.; RANA, I. A.; ATIF, R. M.; YANG, S. H.; CHUNG, G. Redox and ionic homeostasis regulations against oxidative, salinity and drought stress in wheat (A systems biology approach). **Frontiers in Plant Science**, [s. l.] v. 8, n. 141, p. 1 - 10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00141>.

SILVA, A. A. R. D.; VELOSO, L. L. S. A.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SÁ, F. V. S.; AZEVEDO, C. A. V. Cultivation of custard-apple irrigated with saline water under combinations of nitrogen, phosphorus and potassium. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 1, p.181–190, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n118rc>

SILVA, A. M. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; WILLADINO, L. G.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T. Corrective phosphate application as a practice for reducing oxidative stress and increasing productivity in sugarcane. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 188 - 196, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190022>.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; OLIVEIRA, V. K. N.; SILVA, L. A. Photosynthesis and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under nitrogen/potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 11, p. 1 - 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v11i0.3155>.

SILVA FILHO, A. M.; COSTA, D. S.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SILVA, A. A. R.; NUNES, K. G.; BONOU, S. I.; SOUSA, A. R.; FERRAZ, R. L. S.; NASCIMENTO, R. Photosynthetic pigments and quantum yield of West Indian cherry under salt stress and NPK combinations. **Brazilian Journal of Biology**, Brasília, v. 83, e277329, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.277329>.

SILVA FILHO, A. M.; COSTA, T. S.; MELO, A. S.; COSTA, D. S.; SILVA, A. A. R.; GHEYI, H. R.; SILVA, F.A.; DIAS, M. S. NPK combinations mitigate the deleterious effects of salt stress on the morphophysiology of West Indian Cherry. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 15, e4122, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v15.4122>.

SILVA JUNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n1p11-17>

SILVA, P. C. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; GHEYI, H. R.; RIBAS, R. F.; SILVA, C. R. R.; COVA, A. M. W. Salt tolerance induced by hydrogen peroxide priming on seed is related to improvement of ion homeostasis and antioxidative defense in sunflower plants. **Journal of Plant Nutrition**, [s. l.], v. 44, n. 8, p.1207-1221, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1862202>.

SILVA, W. B.; HEINEMANN, B.; RUGEN, N.; NUNES-NESE, A.; ARAÚJO, W. L.; BRAUN, H-P.; HILDEBRANDT, T. M. The role of amino acid metabolism during abiotic stress release. **Plant, Cell & Environment**, [s. l.], v. 42, p. 1630 - 1644, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.13518>.

SOUZA, A. A. T.; MENDONÇA, V.; PAIVA, E. P.; PEREIRA, K. T. O.; REGES, K. S. L.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; SÁ, F. V. S. Physiological responses of sugar-apple seedlings under saline wastewater irrigation and NPK doses. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 54, e20218275, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230029>

SOUZA, L. P.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; FÁTIMA, R. T.; SILVA, A. A. R.; NOBRE, R. G.; LACERDA, C. N. Morphophysiology and production of West Indian cherry under salt stress and nitrogen-phosphorus-potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 7, p. 539 - 549, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n7p539-549>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573 p.

WEIMBERG, R.; LERNER, H. R.; POLJAKOFF-MAYBER, A. A relationship between potassium and proline accumulation in salt-stressed *Sorghum bicolor*. **Physiologia**

Plantarum, v. 55, p. 5 - 10, 1982. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1982.tb00276.x>.

YAÑEZ-MANSILLA, E.; CARTES, P.; DÍAZ, M. R.; RIBERA-FONSECA, A.; ALBERDI, M. Photosynthetic and antioxidant performance are differentially affected by short-term nitrogen supply in highbush blueberry cultivars. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 41, p. 61 - 70, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202014000100006>.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 80, p. 209 - 213, 1955. DOI: <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>.

YUE, K.; LI, L.; XIE, J.; FUDJOE, S. K.; ZHANG, R.; LUO, Z.; ANWAR, S. Nitrogen supply affects grain yield by regulating antioxidant enzyme activity and photosynthetic capacity of maize plant in the loess Plateau. **Agronomy**, [s. l.], v. 11, n. 1094, p. 1-13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061094>.

ZENG, Y.; LI, L.; YANG, R.; YI, X.; ZHANG, B. Contribution and distribution of inorganic ions and organic compounds to the osmotic adjustment in *Halostachys caspica* response to salt stress. **Scientific Reports**, Londres, v. 5, n. 13639, p. 1 - 12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep13639>

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* D. C.) SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NPK⁵

⁵Cópia de artigo completo e original publicado na revista Horticulturae, seguindo as normas da revista, exceto o número da página, fonte, idioma, normas e posição das figuras e/ou tabelas.

Citação: Silva Filho, A. M.; Gheyi, H. R.; Melo, A. S.; Silva, A. A. R.; Bonou, S. I.; Amadeu, L. T. S.; Ferraz, R. L. S.; Costa, P. S.; Chaves, L. H. G.; Figueirêdo, R. M. F. Production and Quality of West Indian Cherry (*Malpighia emarginata* D. C.) under Salt Stress and NPK Combinations. **Horticulturae**, [Basal], v. 9, n. 649, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060649>

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* D. C.) SOB ESTRESSE SALINO E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NPK

Resumo: No semiárido brasileiro, é comum o uso de água salina ou salobra para a irrigação dos cultivos. Porém, essa prática pode afetar negativamente o solo, balanço nutricional, crescimento, produção e qualidade dos frutos das plantas. Desse modo, objetivou-se avaliar o efeito das combinações de adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) sob a produção e qualidade de frutos de aceroleira cultivada sob estresse salino, no segundo ano de produção. A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido sob delineamento experimental em blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2×10 , referentes a dois níveis de condutividade elétrica da água (CEa) de irrigação (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) e 10 combinações de adubação com NPK (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120 e 100-100-140% da recomendação, referente ao segundo ano de produção), com três repetições e parcela composta por uma planta por lisímetro. Variáveis de produção e pós-colheita foram avaliadas, quanto ao número total de frutos, peso total dos frutos, peso médio dos frutos, diâmetro polar e equatorial, total de sólidos solúveis, pH da polpa, acidez titulável, índice de maturação ratio, vitamina C, açúcares redutores, compostos fenólicos, antocianinas e flavonoides. Os resultados indicam que a irrigação da aceroleira com salinidade da água de 4,0 dS m⁻¹ afetou negativamente todas as variáveis de produção dos frutos. A interação entre CEa de 0,6 dS m⁻¹ e a combinação de adubação 100-80-120 de NPK aumentou o número total de frutos e peso total de frutos de acerola.

Palavras-chave: pós-colheita; flavonoides; antocianinas; salinidade da água; manejo da adubação.

PRODUCTION AND QUALITY OF WEST INDIAN CHERRY (*Malpighia emarginata* D. C.) UNDER SALT STRESS AND NPK COMBINATIONS

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of fertilization combinations of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) on the production and quality of West Indian cherry grown under salt stress in the second year of production. The study was conducted in a protected environment following a randomized block design with treatments distributed in a 2×10 factorial arrangement referring to two levels of electrical conductivity of irrigation water (0.6 and 4.0 dS m^{-1}) and 10 NPK fertilization combinations (80-100-100; 100-100-100; 120-100-100; 140-100-100; 100-80-100; 100-120-100; 100-140-100; 100-100-80; 100-100-120 and 100-100-140% of the recommendation in the second year of production), with three replicates and one plant per lysimeter. Production and post-harvest variables evaluated were: the total fruit weight, total number of fruits, mean fruit weight, the polar and equatorial diameter, total soluble solids, pulp pH, titratable acidity, maturity ratio, vitamin C, reducing sugars, total phenolic compounds, total anthocyanins, and flavonoids. The results indicate that irrigation with water having a salinity of 4.0 dS m^{-1} negatively affected all production variables. The interaction between the EC_w of 0.6 dS m^{-1} and the 100-80-120 NPK fertilization combination increased the total number of fruits and the total fruit weight of West Indian cherry.

Keywords: post-harvest; flavonoids; anthocyanins; water salinity; fertilization management

1. Introdução

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) é uma fruteira de clima tropical pertencente à família Malpighaceae, originária das Ilhas do Caribe e das Américas Central e Sul (Ritzinger; Ritzinger, 2011). A acerola é uma fruta com alto teor de ácido ascórbico (vitamina C), compostos fenólicos (ácido benzóico, flavonoides e antocianinas) e carotenoides total (Segtowick *et al.*, 2013). A cultura da acerola se destaca tanto pelo elevado potencial nutricional como econômico, visto que a fruta pode ser consumida in natura e processada na forma de sucos, sorvetes, geleias, doces, etc. (Calgaro; Braga, 2012).

Na região Nordeste do Brasil, o cultivo da acerola tem se mostrado uma importante atividade econômica para a região, principalmente para a porção semiárida, em função da adaptação da cultura às condições edafoclimáticas (Sá *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021). No entanto, sabe-se que a região semiárida brasileira é caracterizada, entre outros fatores, pela restrição hídrica imposta pelas corriqueiras estiagens, elevada taxa de evapotranspiração e fontes subterrâneas com altas concentrações de sais (Medeiros *et al.*, 2003). Portanto, a quantidade e a qualidade da água disponível no semiárido brasileiro tem limitado a produção em larga escala de acerola e demais frutíferas nesta região brasileira (Lima *et al.*, 2020).

Neste sentido, a utilização de água com alta condutividade elétrica (água salina) tem sido cada vez mais comum para irrigação de culturas como aceroleira (Lima *et al.*, 2020; Dias *et al.*, 2018; Lacerda *et al.*, 2021), maracujazeiro (Bezerra *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2020) e pinheira (Ferreira *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022). No entanto, concentrações elevadas de sais na água podem causar danos nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo, além de comprometer o crescimento, fisiologia, produção e qualidade dos frutos das plantas (Silva *et al.*, 2022). Esses distúrbios ocorrem principalmente pelos efeitos osmótico, que reduz a disponibilidade de água para as plantas (Moreira *et al.*, 2019), e o tóxico, promovido pelos íons Cl^- e Na^+ (Ferreira *et al.*, 2022) e também pelo desequilíbrio nutricional, que impõe as deficiências de alguns nutrientes essenciais (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e NO_3^-) em função da competição iônica, provocado pelo excesso de cloreto e sódio (Pinheiro *et al.*, 2022).

Diante deste cenário limitante, algumas alternativas para a mitigação dos efeitos provocados pelos sais nas plantas vêm sendo estudadas, dentre elas, destaca-se o manejo da adubação, que tem compensado a deficiência nutricional provocada pela interação de íons tóxicos (Cl^- e Na^+) com os nutrientes essenciais, e por consequência, o acúmulo destes nos tecidos vegetais (Lima *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2020). Nesta perspectiva,

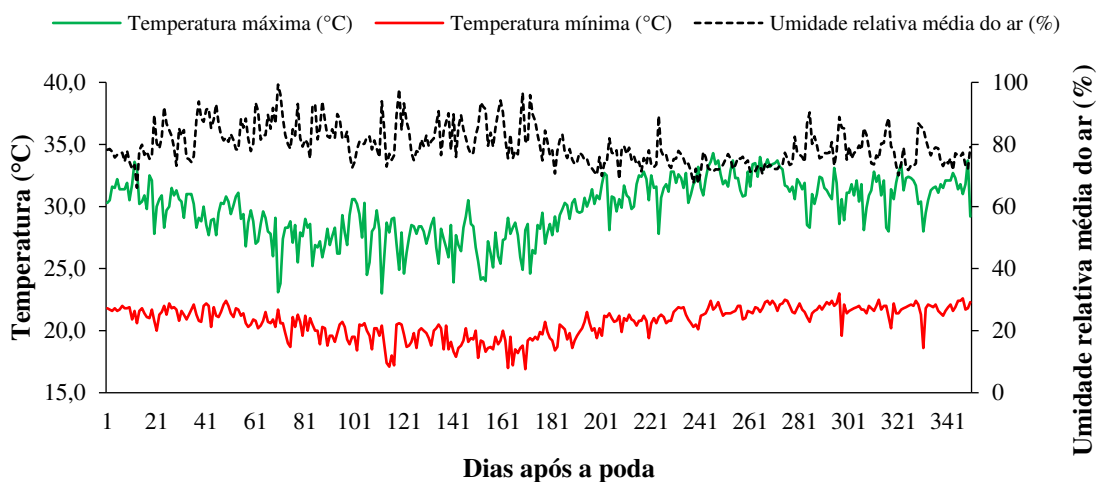
Sá *et al.* (2019), constataram melhorias no crescimento, fisiologia e produção de frutos da aceroleira cv. 'BRS Jaburu', durante o primeiro ciclo da cultura, quando houve aumento de 40% na dose recomendada de nitrogênio e fósforo nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CEa) de 3,0 dS m⁻¹. Similarmente, Lacerda *et al.* (2021), observaram que a combinação de 70%-50% da recomendação de nitrogênio e potássio, respectivamente, reduz os efeitos do estresse salino nos teores de antocianina e ácido ascórbico dos frutos da aceroleira. Portanto, irrigação com água salina e combinações de adubação NPK podem mitigar os efeitos deletérios do estresse salino na produção e na qualidade pós-colheita da aceroleira.

Frente ao exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito das combinações de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção e qualidade de frutos de aceroleira cultivada sob estresse salino, no segundo ano de produção.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condições de casa de vegetação na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil (coordenadas: 7° 15'18" S, 35° 52'28" W, altitude de 550 m). A Figura 1 mostra os dados de temperatura máxima e mínima, e umidade relativa do ar obtidos com auxílio de um termohigrômetro, modelo Akso Simpla TH0, durante o período experimental.

Figura 1. Temperatura máxima e mínima e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento (5 de março de 2021 a 17 de fevereiro de 2022), durante segundo ano de produção de aceroleira.



Fonte: Dados da Pesquisa

Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2×10 , distribuídos em bloco ao acaso, referentes a dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): 0,6 e 4,0 dS m^{-1} e 10 combinações de adubação (C) com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK): C₁ = 80-100-100%; C₂ (controle) = 100-100-100%; C₃ = 120-100-100%; C₄ = 140-100-100%; C₅ = 100-80-100%; C₆ = 100-120-100%; C₇ = 100-140-100%; C₈ = 100-100-80%; C₉ = 100-100-120% e C₁₀ = 100-100-140% conforme recomendação de adubação para N-P₂O₅-K₂O sugerida por Cavalcante (2008) para o segundo ciclo, com três repetições, perfazendo um total de 60 unidades experimentais.

A combinação de adubação controle (100-100-100%) corresponde a aplicação anual de 100, 60 e 60 g de N, P₂O₅ e K₂O por planta, tendo como referência o primeiro ano de cultivo, enquanto os tratamentos salinos utilizados no presente ensaio foram baseados no estudo realizado por Silva *et al.* (2020). Em março de 2020, as mudas enxertadas de acerola (tendo porta-enxerto e enxerto, cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente) foram adquiridas em viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, situado no Distrito de São Gonçalo, no município de Sousa, Paraíba, Brasil. Ao término do primeiro ano experimental de cultivo, as plantas de acerola foram submetidas a 15 dias sob estresse hídrico e, posteriormente, realizou-se a poda de primeiro ciclo, dando início ao segundo ano de produção. Os níveis de condutividade elétrica da água e de combinações da adubação com NPK utilizados no segundo ano de produção, foram os mesmos que os do primeiro ano.

As mudas foram transplantadas para vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, cuja parte inferior foi coberta com geotêxtil, preenchidos com camada de 1,0 kg de brita e 230 kg de solo, classificado como Entisol, coletado no município de Riachão do Bacamarte – PB, na camada 0-20 cm. As características físico-químicas foram determinadas conforme Teixeira *et al.* (2017) e os resultados estão apresentados na Tabela 1. O solo apresenta textura franco-argilo-arenosa, com teores adequados de P, K, Ca, Mg, pH e teor de matéria orgânica satisfatórios. No plantio, o solo foi fornecido com 20 g de P₂O₅ e 20 g de K₂O, como dose de fundação.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

		Características químicas					
pH H ₂ O	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmol _c kg ⁻¹				
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,90	5,40	0,90
..... Características químicas Características físicas				

CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	SB	V	Fração das partículas (g kg ⁻¹)			Teor de umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	cmol _c kg ⁻¹	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	21,95	0,16	2,3	21,05	95,89	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

–H - Potencial de Hidrogênio; –M O - Matéria Orgânica: Walkley-Black Wet Digestão; Ca²⁺ e Mg²⁺ - Extraídos com 1 M KCl a pH 7,0; Na⁺ e K⁺ - Extraídos com NH₄OAc 1 M a pH 7,0; Al³⁺ + H⁺ - Extraído com CaOAc 0,5 M a pH 7,0; –CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; –CTC - Capacidade de troca catiônica; –RAS_{es} - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; –PST - Porcentagem de sódio trocável; –SB - Soma das bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺); –V - Saturação por bases ([SB/CTC] × 100); ¹⁻² - Referente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente

Com relação aos tratamentos salinos, as águas com condutividades elétrica de 0,6 e 4,0 dS m⁻¹ foram preparadas pela adição dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, mantendo a proporção equivalente, respectiva, de 7:2:1 em água disponibilizada para irrigação na região do estudo (CE_a = 0,38 dS m⁻¹), considerando a relação entre a CE_a e concentração de sais, proposta por Richards (1954), conforme a Equação (1). A condutividade elétrica da água foi verificada e ajustada periodicamente antes da irrigação das plantas.

$$Q \approx 10 \times CE_a \quad (1)$$

Em que: Q = soma dos cátions (mmol_c L⁻¹) e CE_a = condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

As aplicações dos tratamentos com águas salinas iniciaram aos 30 dias após o transplantio das mudas para os vasos adaptados como lisímetros, sendo adotado turno de rega de dois dias, aplicando-se em cada lisímetro a água conforme o tratamento salino, visando manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo em todas as unidades experimentais, em que o volume aplicado atende a necessidade hídrica das plantas, estimada conforme o balanço hídrico no solo, determinado pela Equação (2).

$$VI = \frac{(V_a - V_d)}{(1 - FL)} \quad (2)$$

Onde: VI = volume de água a ser usado no evento de irrigação (mL), V_a = volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL), V_d = volume drenado após o evento de irrigação anterior (mL) e FL = fração de lixiviação de 0,10, aplicado a cada 90 dias para evitar acúmulo excessivo de sais na solução do solo.

Os tratamentos com as combinações de adubações contendo N, P e K foram divididos em 24 aplicações, sempre em cobertura, com intervalos de 15 dias. As fontes de NPK utilizadas foram o nitrato de cálcio, fosfato monoamônio e sulfato de potássio, respectivamente. As adubações com micronutrientes foram realizadas quinzenalmente, via foliar nas faces adaxial e abaxial, aplicando-se solução contendo 1,0 g L⁻¹ de Dripsol[®] (Mg = 1,1%; Zn = 4,2%; B =

0,85%; Fe = 3,4%; Mn = 3,2%; Cu = 0,5% e Mo = 0,05%). Em relação aos tratamentos culturais, foi realizada poda de primeiro ciclo, capina manual, escarificação do solo e controle fitossanitários sempre que necessário durante o período experimental.

Para o segundo ano de produção da aceroleira as combinações de NPK foram adaptadas seguindo a recomendação de Cavalcante (2008), consistindo de 200, 30 e 80 g de N, P₂O₅ e K₂O por ano, respectivamente, por unidade experimental. Desse modo, no segundo ano de produção, a aplicação dos tratamentos teve início aos 15 dias após a poda de primeiro ciclo (DAP), sendo mantidos os manejos de irrigação e fitossanitários semelhantes aos utilizados no primeiro ano de produção.

A colheita da acerola ocorreu quando os frutos apresentaram a cor vermelha, porém, ainda firmes para suportar o manuseio, correspondendo ao estágio de maturação comercial. O peso total dos frutos (PTF, g) foi quantificado por meio da massa dos frutos colhidos diariamente em cada unidade experimental durante período de produção. O número total de frutos (NTF) foi obtido com a contagem de todos os frutos colhidos por planta de cada parcela. O peso médio de frutos (PMF, g) foi obtido pela divisão do peso pelo número total de frutos colhidos, em cada planta. Ademais, foram avaliados, individualmente, os diâmetros polares (DP - mm) e equatorial (DE - mm) dos frutos em cada parcela, sendo avaliados 20 frutos escolhidos aleatoriamente, por planta. Para esse procedimento foi utilizado paquímetro digital, sendo medido do ápice à base do fruto (DP) e região equatorial (DE) dos frutos de aceroleira.

Após a análise das variáveis de produção, foi realizada uma pré-limpeza dos frutos para eliminar os deteriorados e com impurezas. Na sequência, os frutos foram sanitizados durante 15 minutos pela imersão em água clorada (50 ppm) e lavados em água corrente para limpeza. Para a obtenção das polpas, os frutos foram triturados em liquidificador industrial (Becker®, modelo RBT-6), passados em peneira para a remoção das frações de fibra não triturada e demais resíduos. Posteriormente, as polpas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas em freezer com temperatura controlada de -18 °C, até o momento das análises.

Caracterização das polpas de acerola

Foram analisados os parâmetros físico-químicos das polpas de acerolas em triplicata, de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), determinando-se os sólidos solúveis totais (SST, °Brix), por meio de refratômetro portátil (Euro Analytical, modelo RZT);

potencial hidrogeniônico (pH), com leitura direta em amostra utilizando-se potenciômetro digital (modelo MB11, MS Techonopon®, Piracicaba, SP, Brazil), previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0; a acidez titulável (AT, % ácido cítrico) foi obtida pela titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹ até pH 8,2-8,4. O índice de maturação ratio (SST/AT) foi obtido pelo quociente dos valores de sólidos solúveis totais e acidez titulável, enquanto que o teor de vitamina C (VTC, mg ácido ascórbico 100 g⁻¹) foi estimado conforme Oliveira *et al.* (2010).

Os açúcares redutores (ACR, g 100 g⁻¹) foram determinados utilizando-se ácido dinitrosalicílico (Miller, 1959). Os compostos fenólicos totais (COF, mg 100 g⁻¹) foram quantificados com o reagente de Folin-Ciocalteu (Pinelo, 2006). As antocianinas (ANT, mg 100 g⁻¹) e os flavonoides (FLA, mg 100 g⁻¹) totais foram analisados seguindo recomendações de Francis (1982). Todas as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (BEL Photonics, modelo SP1102), conforme seu respectivo comprimento de onda.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição (teste de Shapiro-Wilk). Na sequência, foi realizada a análise de variância, utilizando-se o teste F ($p \leq 0,05$) para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Em relação as combinações de adubação (NPK), as mesmas foram comparadas utilizando-se o teste de agrupamento de Scott-Knott. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do *Software* Sisvar (Ferreira, 2019).

3. Resultados e Discussão

Conforme o resumo das análises de variância (Tabela 2), observa-se interação significativa ($p \leq 0,01$) entre os fatores condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK sobre o número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF) e peso médio de frutos (PMF). Por outro lado, as condutividades elétricas da água de irrigação exerceram efeito significativo ($p \leq 0,01$) isolado sobre o diâmetro equatorial de frutos (DEF) aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo, durante o segundo ano de produção.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio de frutos (PMF), diâmetro polar (DPF) e equatorial (DEF) de frutos de plantas de acerola irrigadas com diferentes condutividades elétricas da água e combinações de nitrogênio, fósforo e potássio, durante o segundo ano de produção, aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo (DAP).

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios
--------------------	----	------------------

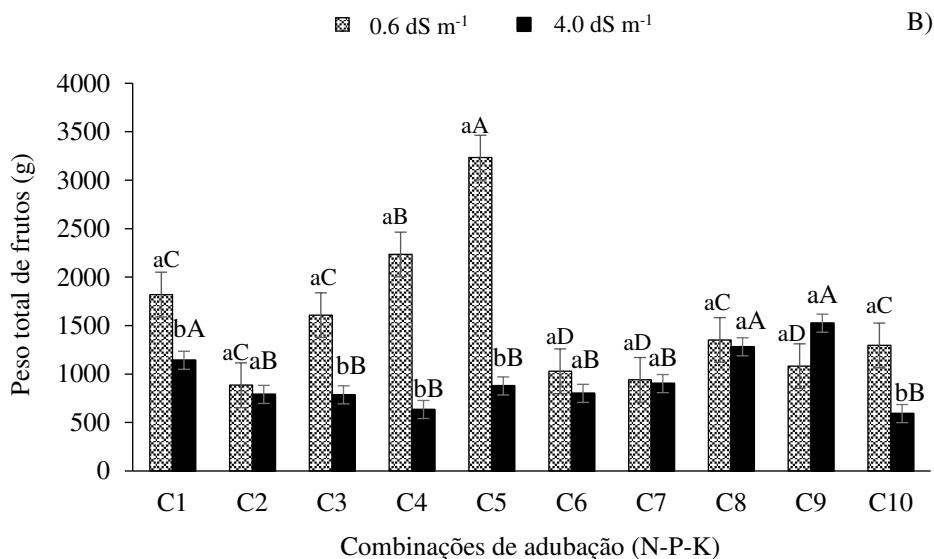
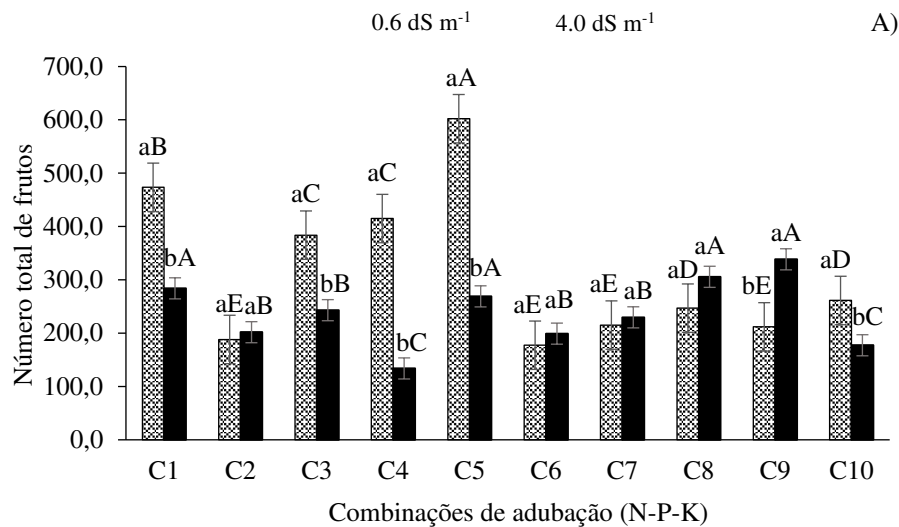
		NTF	PTF	PMF	DPF	DEF
Condutividade elétrica da água – Cea	1	94318,627**	5667555,518**	15,347995**	1,532482 ^{ns}	18,734329**
Combinações de adubação – CA	9	38502,571**	819854,9348**	1,283977**	2,652434 ^{ns}	4,346666 ^{ns}
Interação (CEa*CA)	9	35052,094**	1037320,541**	0,739933*	5,853079 ^{ns}	5,084948 ^{ns}
Bloco	2	2179,8871 ^{ns}	78568,0114 ^{ns}	0,110357 ^{ns}	10,996305 ^{ns}	6,016640 ^{ns}
Resíduo	38	1286,6893	73725,2114	0,329977	3,553961	2,675142
CV (%)		12,91	21,89	12,98	11,08	8,66

^{ns}, *, **, não significativos e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente.

Conforme o desdobramento dos dados para o NTF de acerola (Figura 2), observa-se que as condutividades elétricas da água de irrigação (0,6 e 4,0 dS m⁻¹) não influenciaram significativamente essa variável quando as plantas foram submetidas as combinações de adubação C₂ (100-100-100%), C₆ (100-120-100%), C₇ (100-140-100%) e C₈ (100-100-80%).

As maiores produções de frutos foram observadas nas plantas sob irrigação com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹), quando receberam as combinações C₅ (602,2), C₁ (473,5), C₄ (414,9) e C₃ (383,8) diferindo-se estatisticamente entre si ($p \leq 0,01$) e das plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹, nas combinações de adubação C₅ (269), C₁ (284,1) C₄ (133,9) e C₃ (243,1), respectivamente. Em contrapartida, plantas irrigadas com água de CEa 4.0 dS m⁻¹ apresentaram as maiores produções de frutos sob as combinações C₉, C₈, C₅ e C₁, porém, apenas na combinação C₉ difere ($p \leq 0,01$) das plantas irrigadas com água de CEa 0.6 dS m⁻¹.

Figura 2. Desdobramento da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK para o número total de frutos (A) e peso total de frutos (B) da aceroleira, aos 324 dias após a poda, durante o segundo ano de produção.



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, p ≤ 0,05). Médias de três repetições ± erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

As plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ e associada a combinação de adubação contendo 20% a menos da dose recomendada de fósforo (C₅ = 100-80-100) apresentou NTF superior as demais combinações, sendo incrementos médios de 68,75% e 70,55% no NTF de acerola em relação as plantas com doses recomendadas de adubações nitrogenada, fosfatada e

potássica (C₂ = 100-100-100%) e as que receberam 20% a mais, apenas de fósforo (C₆ = 100-120-100%), que produziu o menor NTF, respectivamente.

Para as plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ e associada a combinação de adubação com aumento de 20% no potássio (C₉ = 100-100-120%) produziu o maior NTF (338,5), porém, não difere estatisticamente das combinações C₁, C₅ e C₈. Contudo, a combinação C₉ apresentou NTF superior ($p \leq 0,01$) ao produzido com água de menor condutividade elétrica, com essa combinação de N-P₂O₅-K₂O. Para as combinações C₂, C₆, C₇ e C₈ apesar da ausência de efeito significativo entre si, houve maiores produções de frutos em relação a água com menor condutividade elétrica estudada. Por outro lado, o menor número de frutos produzidos (133,9) neste estudo foi observado quando as plantas receberam água com condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ e combinação de adubação C₄ (140-100-100%), entretanto, não difere da combinação C₁₀ (177,3) (Figura 2A).

Ademais, observa-se que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação para 4,0 dS m⁻¹ reduziu em média o NTF na ordem de 25%. Entretanto, nas plantas sob estresse salino associadas com a combinação de adubação C₉ (100-100-120%) houve aumento de 40,38% no NTF em relação a dose recomendada de adubação (C₂) e 60,45% quando comparada a combinação com aumento de 40% de N (C₄ = 140-100-100), que apresentou o menor NTF. A redução no NTF nas plantas sob estresse salino possivelmente está associada ao acúmulo de sais na solução do solo, por consequência, redução do potencial osmótico, aumentando o gasto energético da planta para absorção de água e nutrientes (Taiz *et al.*, 2017). Sendo assim, esses efeitos limitam os processos fisiológicos e bioquímicos da planta, o que restringe a divisão e alongamento celular, conseqüentemente, reduz o crescimento e produção de frutos nas plantas (Silva *et al.*, 2019), conforme observado neste estudo.

Comportamento semelhante foi observado para o peso total de frutos (PTF), em que as CEa estudadas não afetaram de forma significativa essa variável nas combinações de adubação C₂, C₆, C₇, C₈ e C₉ (Figura 2B). Para a CEa de 0,6 dS m⁻¹, os maiores PTF foram encontrados quando associadas com as combinações C₅, C₄, C₁, C₃ e C₁₀ diferindo-se ($p \leq 0,01$) do produzido com a água de 4,0 dS m⁻¹. Além disso, foi observado que a associação da CEa de 0,6 dS m⁻¹ e a combinação recomendada de adubação de N-P-K (C₂) gerou o menor PTF (885,16 g) da aceroleira, sendo 72,63% em média, menor do que o PTF observado no tratamento com a combinação C₅.

A maior condutividade elétrica da água de irrigação diminuiu o PTF em média 39,71%. Estes resultados convergem com os obtidos por Sá *et al.* (2021), que observaram na cultura da pinha (*Annona squamosa* L.) redução de 217,48 g (20,3%) por planta nas plantas submetidas a CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as plantas irrigadas com água de 0,8 dS m⁻¹. Para a cultura da acerola, Silva *et al.* (2019) constataram que o aumento da CEa de 0,3 para 4,3 dS m⁻¹ promoveu redução linear de 3,95% no peso médio de fruto por aumento unitário da CEa. Por outro lado, neste estudo, plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ sob a combinação de adubação C₉ tiveram aumento no PTF em 48,20% e 61,15% em relação as combinações de adubação C₂ e C₁₀ (menor valor de PTF), respectivamente (Figura 2B).

A condutividade elétrica da água de 4,0 dS m⁻¹ quando associada a combinação C₉ refletiu no maior peso total de frutos (1525,3 g), porém, não difere do obtido com a água de menor condutividade elétrica e essa combinação de adubação. Já o menor peso total de frutos (592,57 g), foi observado quando as plantas receberam o tratamento com a maior condutividade elétrica da água e combinação de adubação C₁₀, não diferindo dos demais tratamentos exceto C₁, C₈ e C₉ (Figura 3).

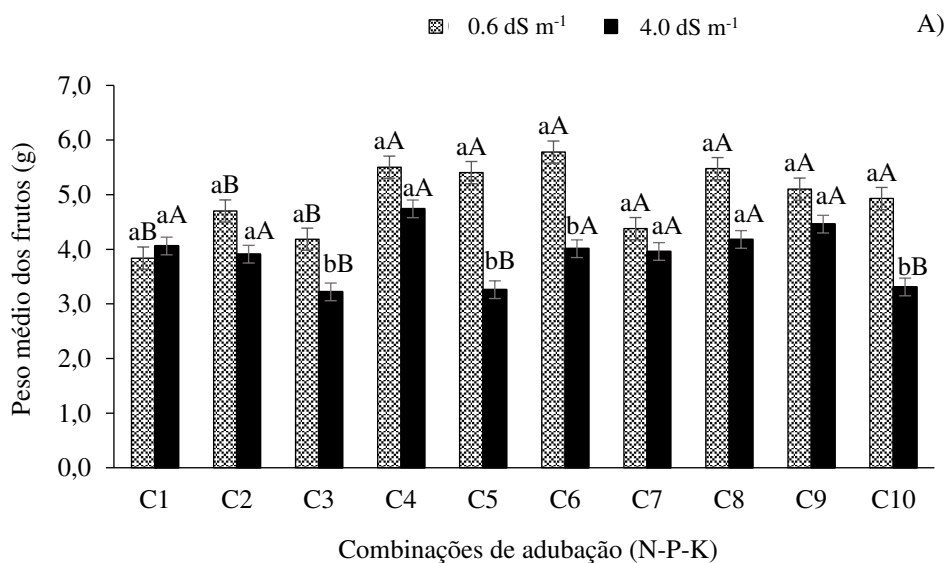
Os resultados desse estudo denotam que para o cultivo da aceroleira irrigada com a menor condutividade elétrica da água (0,6 dS m⁻¹), a combinação contendo 20% a menos da dose recomendada de fósforo proporcionou maior equilíbrio nutricional, favorecendo os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (Taiz *et al.*, 2017; Sá *et al.*, 2018, os quais influenciaram diretamente o número e o peso total de frutos de acerola (Figuras 2A e 2B). Ressalta-se a importância desses resultados, pois, significam redução no custo de produção da acerola no semiárido.

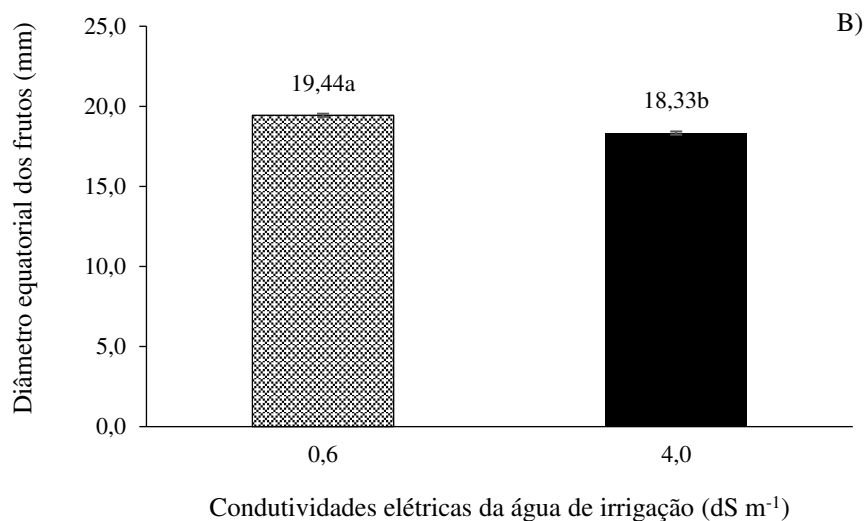
O fósforo, em quantidades adequadas, favorece o desenvolvimento das raízes, melhora a eficiência no uso da água, absorção e utilização dos nutrientes pela planta, além de atuar nos processos de respiração, fotossíntese e liberação de energia para reações metabólicas nas plantas (Ferreira *et al.*, 2022; Simão *et al.*, 2018). De forma convergente, Bezerra *et al.* (2019) constataram redução de 28,13% no número de frutos no segundo ciclo de produção da goiabeira, devido ao aumento na condutividade elétrica da água de irrigação de 0,3 para 3,5 dS m⁻¹ e adubação nitrogenada. Ferreira *et al.* (2022) também observaram diminuição de 20,80% no número de frutos de pinha com o aumento da salinidade da água de 0,8 para 3,0 dS m⁻¹ e adubação com NPK.

Em contrapartida, o aumento no NTF para as combinações C₆, C₇, C₈ e C₉ e PTF na combinação C₉ nas plantas submetidas ao estresse salino constatado no presente estudo provavelmente está relacionado ao aumento na disponibilidade de K (20%) para a planta, uma vez que esse nutriente atua na regulação osmótica e no processo de ativação de diversas enzimas atuantes nas fases de respiração e fotossíntese, que afetam diretamente a produção de frutos (Sá *et al.*, 2021). Além disso, esse efeito pode estar relacionado ao papel fisiológico desempenhado pelo potássio na osmorregulação, estando intimamente associado com a regulação do potencial osmótico celular, e conseqüentemente, contribui com a homeostase e a produção de frutos pela planta (Alvarenga *et al.*, 2019). Neste sentido, Lima *et al.* (2018) constataram atenuação dos efeitos negativos da salinidade sobre o número total de frutos e massa fresca de frutos da aceroleira pela adubação potássica.

Em relação ao peso médio de frutos da aceroleira (Figura 3A), verifica-se que plantas irrigadas com água de condutividade elétrica 0,6 dS m⁻¹ apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,01$) do obtido com a CEa de 4,0 dS m⁻¹ nas combinações de adubação C₃, C₅, C₆ e C₁₀. Observa-se ainda que as plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ e associadas com as combinações C₄, C₅, C₆, C₇, C₈, C₉ e C₁₀ obtiveram os maiores PMF sem diferir estatisticamente entre si, porém, diferem ($p \leq 0,01$) das adubações combinadas C₁, C₂ e C₃.

Figura 3. Peso médio de frutos (A) e diâmetro equatorial de frutos (B) da aceroleira em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e das combinações de adubação com NPK, aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo, durante o segundo ano de produção.





C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, p ≤ 0,05). Médias de três repetições ± erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

Semelhante ao observado para o PTF, o tratamento salino de 0,6 dS m⁻¹ e a combinação de adubação C₅, promoveu aumentos no PMF de 13,01% e 28,96% quando comparado as plantas que receberam a combinação recomendada de N-P-K (C₂ = 100-100-100%) e a combinação C₁ (80-100-100%) que registrou o menor PMF (3,84 g). O fósforo quando aplicado na quantidade correta, exerce função-chave para o metabolismo das plantas, sobretudo, devido sua competência no armazenamento de energia, vital para as funções metabólica e estrutural, como a fotossíntese (Sá *et al.*, 2021). Portanto, esse resultado pode ser atribuído a redução de 20% na suplementação de P₂O₅ e as quantidade adequadas de N e K₂O, existente na combinação de adubação C₆ (100-80-100%). Portanto, mesmo a aceroleira sendo uma planta rústica, facilmente adaptada aos diversos tipos de solo, é de suma importância o manejo adequado da adubação e nutrição das plantas, sobretudo, dos macronutrientes como o P (Lima *et al.*, 2018).

Todavia, apesar das reduções no PMF da aceroleira irrigada com água de maior condutividade elétrica (4,0 dS m⁻¹), o acréscimo de 40% na dose recomendada apenas de nitrogênio (C₄ = 140-100-100%) promoveu incremento de 17,51% no PMF em relação a dose recomendada de N-P-K (C₂), porém, difere estatisticamente (p ≤ 0,01) somente das combinações C₃, C₅ e C₁₀.

Entre as estratégias de mitigação dos efeitos causados pelos sais, o manejo da adubação tem promovido efeitos positivos nas respostas das plantas, principalmente quando o fertilizante em foco é o nitrogenado. Esse efeito pode ser justificado pela função do nitrogênio na planta, visto que é o elemento essencial mais requerido pelas plantas, pois compõe inúmeras biomoléculas, dentre elas os aminoácidos, que atuam para o ajustamento osmótico e mitigação dos efeitos das espécies reativas de oxigênio (Ashraf *et al.*, 2018).

O nitrogênio é de suma importância para as plantas, pois atua em diversas funções estruturais e participa de compostos orgânicos vitais para os vegetais, como por exemplo, a síntese de aminoácidos, clorofilas, prolina, ácidos nucleicos, proteínas, etc. (Silva *et al.*, 2022; Taiz *et al.*, 2017), essas funções são essenciais, pois contribuem para o aumento da capacidade de ajustamento osmótico nas plantas sob estresse hídrico e salino (Lacerda *et al.*, 2021; Ashraf *et al.*, 2018). Neste sentido, Sá *et al.* (2017) constataram que 40% acima da dose recomendada de N para aceroleira, foi suficiente para atenuar os efeitos danosos causados pelo aumento da CEa de 3,0 dS m⁻¹.

Conforme observa-se na Figura 3B o diâmetro equatorial de frutos (DEF) da aceroleira diminuiu significativamente ($p \leq 0,01$) em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, independentemente da combinação de adubação. Plantas irrigadas com a maior CEa (4,0 dS m⁻¹) apresentaram reduções no DEF de 5,71% (1,11 mm) quando comparadas com aquelas submetidas a menor CEa (0,6 dS m⁻¹).

Portanto, a redução no DEF encontrado nas plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ pode estar relacionado ao dano causado pelo excesso de sais na membrana celular induzido por espécies reativas de oxigênio (Taiz *et al.*, 2017). De forma geral, o estresse salino causa diferentes danos nas plantas, em função da redução do potencial osmótico na solução do solo, desbalanço nutricional pelo excesso de sais e distúrbio no metabolismo das mesmas provocados pela concentração elevada de íons tóxicos no protoplasma, principalmente os íons Cl⁻ e Na⁺ (Ouhaddach *et al.*, 2018).

Portanto, o conjunto desses fatores limitam a absorção de nutrientes essenciais para as plantas, causando danos no crescimento, desenvolvimento e produção (Lacerda *et al.*, 2021). Desse modo, é essencial adotar ferramentas com potencial de atenuação dos efeitos da salinidade da água, assim como utilizar espécies vegetais mais tolerantes aos sais (Ferreira *et al.*, 2022). O excesso de sais na solução do solo provoca diversos danos as plantas, como alterações na condutância estomática (Taiz *et al.*, 2017), mudanças na eficiência quântica do

fotossistema II (Dias *et al.*, 2018); desbalanço nutricional, que diminuem o desenvolvimento das plantas (Alvarenga *et al.*, 2019), desestruturação na permeabilidade das membranas celulares (Lima *et al.*, 2020) e a restrição do processo de fotossíntese (Silva *et al.*, 2020).

De acordo com o resumo das análises de variância apresentados na Tabela 3, houve interação significativa ($p \leq 0,01$) entre os fatores condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com N-P-K (CEa \times CA) sobre todas as variáveis de pós-colheita dos frutos de acerola estudadas durante o segundo ciclo de produção.

Tabela 3. Resumo do teste F para a acidez total titulável (AT, % de ácido cítrico), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST, °Brix), índice de maturação Ratio - SST/AT, vitamina C (VTC, mg 100g⁻¹), açúcares redutores (ACR, g 100g⁻¹), compostos fenólicos (COF, mg 100g⁻¹), flavonoides (FLA, mg 100g⁻¹) e antocianinas (ANT, mg 100g⁻¹) de frutos de aceroleiras irrigadas com águas salinizadas, sob diferentes combinações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), durante o segundo ano de produção, aos 324 dias após a poda de primeiro ciclo (DAP).

Fontes de variação	Teste F								
	AT	pH	SST	RAT	VTC	ACR	COF	FLA	ANT
Condutividade elétrica da água – Cea	**	**	**	**	**	**	ns	**	ns
Combinações de adubação – CA	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Interação (CEa*CA)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0,71	0,22	1,32	1,49	2,46	3,70	3,01	3,63	3,56
Média geral	1,78	1,78	3,36	9,63	5,39	3746	3030	2953	6,94

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

Os resultados apresentados na Figura 4A denotam que a acidez titulável (% de ácido cítrico) dos frutos de acerola nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ diferiram ($p \leq 0,01$) das cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹, exceto nas plantas que receberam as combinações de adubação C₁₀ e C₅. Observa-se ainda que, a AT aumentou ($p \leq 0,01$) nas plantas irrigadas com o maior nível salino (4,0 dS m⁻¹) nas combinações de adubação C₁, C₃, C₄, C₆, C₇ e C₈.

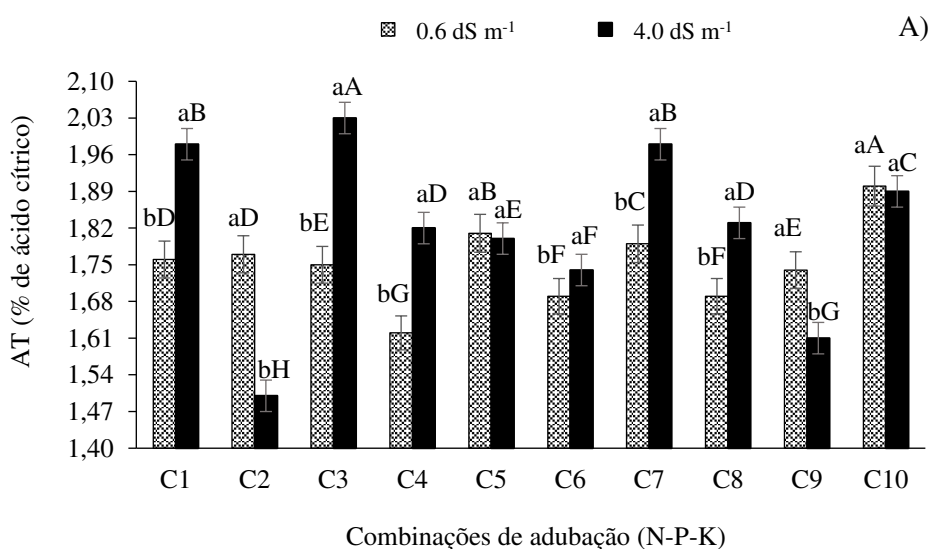
O tratamento salino com CEa de 4,0 dS m⁻¹ associado a combinação C₃ (120-100-100%) produziu o maior valor da acidez titulável das polpas de frutos diferindo ($p \leq 0,01$) das demais combinações, sendo observado aumentos na AT de 12,81% e 26,11% em relação as plantas do

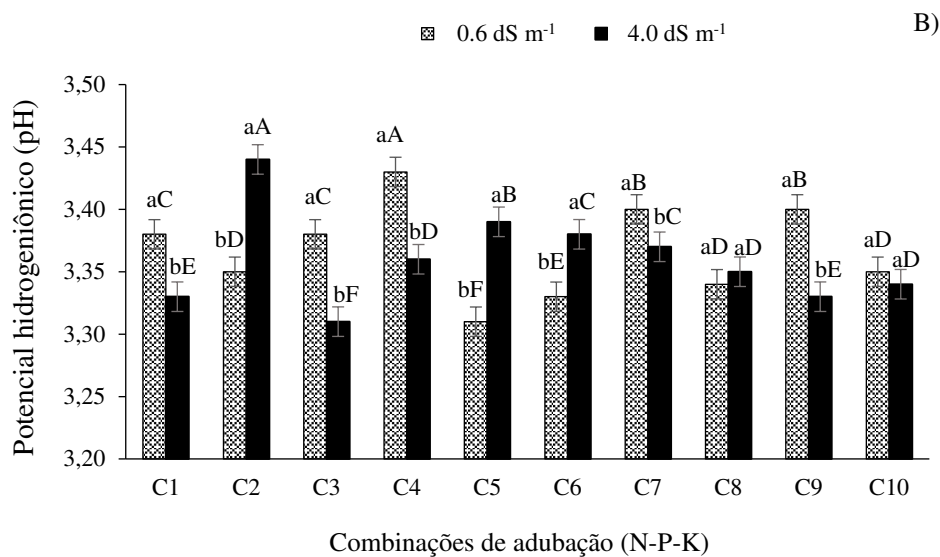
tratamento controle (C₂ - 100-100-100% da dose recomendada de N-P-K) irrigadas com água de condutividades elétricas 0,6 e 0,4 dS m⁻¹, respectivamente.

Os resultados da acidez titulável da polpa dos frutos de acerola (Figura 4A) denotam adequabilidade para o processamento do suco concentrado (Silva *et al.*, 2020). Os resultados obtidos no presente estudo para AT são importantes, visto que, de uma forma geral, o consumo de acerola ocorre principalmente na forma de polpa, em que o aumento dos níveis de ácido cítrico, conseqüentemente aumenta a qualidade do produto final, visto que atua como antioxidante e diminui a aplicação de acidificantes da polpa (Bezerra *et al.*, 2019). Adriano *et al.* (2011) observaram que para frutos de acerola maduros e semimaduros a AT é de 3,15% e 3,26%, respectivamente.

Em um estudo com acerola ‘BRS 366 Jaburu’ sob irrigação com água de condutividade elétrica variando de 0,6 a 3,8 dS m⁻¹ e adubação fosfatada, Lima *et al.* (2020) constataram frutos com AT variando de 1,20% a 1,80%, ou seja, valores próximos as médias obtidas neste estudo de 1,75% e 1,82% de ácido cítrico para CEa de 0,6 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente. Ademais, esses valores de AT são significativamente superiores ao valor de 0,94% obtido por Moura *et al.* (2007) estudando a pós-colheita dos frutos de acerola cv. Flor Branca e do valor de 0,80% recomendado por Brasil (2000).

Figura 4. Acidez titulável (A) e potencial hidrogeniônico (B) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.





C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

Para o pH da polpa dos frutos de acerola, observa-se que os tratamentos com diferentes condutividades elétricas água de irrigação diferiram ($p \leq 0,01$) em todas as combinações de adubação, exceto C₈ e C₁₀ (Figura 4B). Houve aumentos significativos do pH da polpa dos frutos de acerola nos tratamentos irrigados com CEa de 4,0 dS m⁻¹ e associados as combinações de adubação C₂ (controle), C₅ e C₆ em relação as demais combinações nesse mesmo tratamento salino (Figura 4B).

Frente aos resultados observados na Figura 4B, entende-se que o pH da polpa dos frutos de acerola foi reduzido em função do aumento dos sais na água de irrigação, elevando a acidez dos frutos. O valor de pH da polpa dos frutos é extremamente importante, pois denota o grau de deterioração da polpa, e conforme Brasil (2000), valores de pH menor que 4,5 são ideais para evitar a proliferação de microrganismos e manter a qualidade da polpa de frutas. Adriano *et al.* (2011) analisaram a qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier e constataram valores de pH de 3.68 em frutos maduros e de 3.56 em frutos semimaduros, ou seja, valores próximos aos observados no presente estudo.

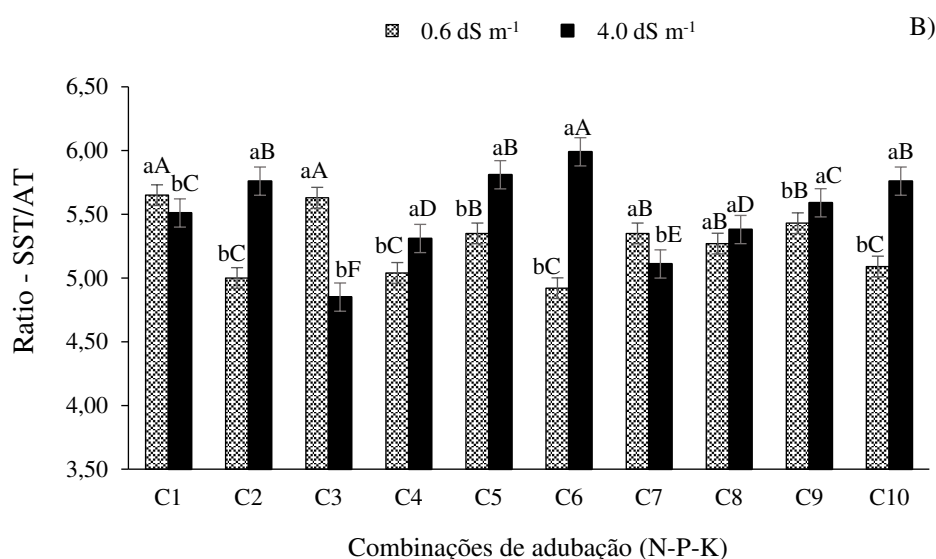
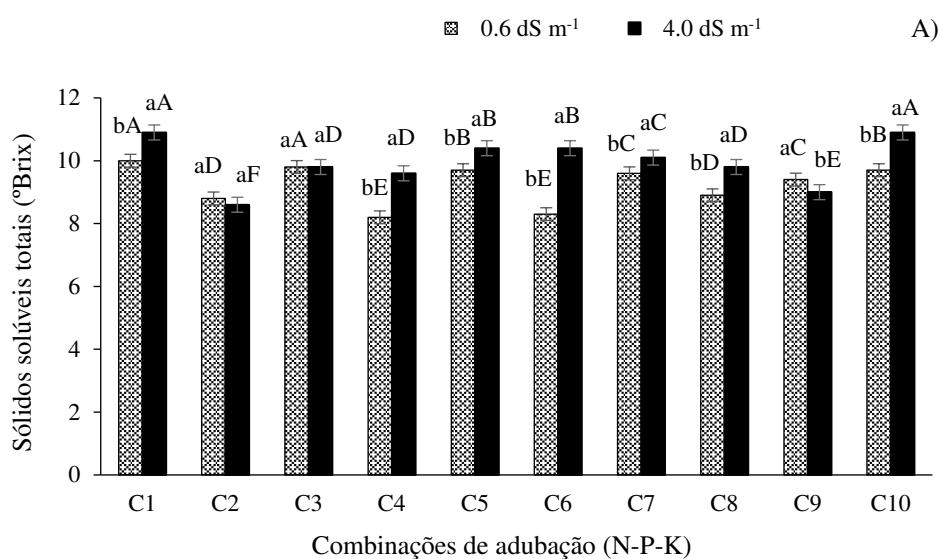
Lima *et al.* (2020) estudando os efeitos da CEa variando de 0,6 a 3,8 dS m⁻¹ e adubação fosfatada na qualidade físico-química de frutos de aceroleira, também observaram redução

linear no pH da polpa dos frutos, constatando redução de 3,02% por aumento unitário da condutividade elétrica da água. Por outro lado, Silva *et al.* (2020) estudando a qualidade de frutos de aceroleira cv. Flor Branca irrigada com águas salinas (CEa variando de 0,30 a 4,30 dS m⁻¹) e combinações de adubação nitrogenada e potássica, não constataram efeito significativo sobre o pH da polpa dos frutos.

Conforme os resultados apresentados na Figura 5A, as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ apresentaram efeitos significativos ($p \leq 0,01$) para os sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa dos frutos, em relação as plantas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹, com exceção para as combinações C₂ e C₃. Os tratamentos com as combinações C₁ e C₁₀ e CEa de 4,0 dS m⁻¹ produziram os maiores valores de SST, diferindo ($p \leq 0,01$) das demais combinações de adubação. Os maiores valores de sólidos solúveis totais dos frutos de acerola estão relacionados ao tratamento com CEa de 4,0 dS m⁻¹ e combinações de adubação C₁ e C₁₀, os quais foram, em média, 21,10% superiores ao tratamento com combinação de adubação recomendada nesse mesmo tratamento salino (Figura 5A).

De forma geral, constatou-se que o aumento dos níveis de CEa elevou o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa de acerola (Figura 5A). Esses resultados são importantes para a cultura da acerola, visto que os frutos também são comercializados *in natura* e concentrações elevadas de °Brix corresponde a altos valores dos teores de açúcares e ácidos orgânicos (Nascimento Filho *et al.*, 2022). Similarmente, Lima *et al.* (2020) observaram que o aumento da CEa promoveu incrementos lineares nos teores de sólidos solúveis de frutos da aceroleira, enquanto Silva *et al.* (2020) não constataram diferenças significativas no °Brix da polpa de acerola em plantas irrigadas com diferentes CEa. Adriano *et al.* (2011) constataram valores respectivos de sólidos solúveis em frutos maduros e semimaduros de acerola de 7.58 e 7.42 (°Brix). Portanto, os valores de SST encontrados nesse estudo são superiores aos valores dos autores supracitados.

Figura 5. Sólidos solúveis totais (A) e índice de maturação Ratio - SST/AT B) dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

Os efeitos significativos ($p \leq 0,01$) do estresse salino também foram observados sobre o índice de maturação Ratio - SST/AT, com excessão para a combinação C₈ (Figura 5B). Observa-se também que o maior valor da Ratio - SST/AT (5.99) foi registrado nas plantas irrigadas com a maior condutividade elétrica e cultivadas sob a combinação C₆ (100-120-100 % da dose recomendada de N-P-K), e difere ($p \leq 0,01$) das demais combinações de adubação.

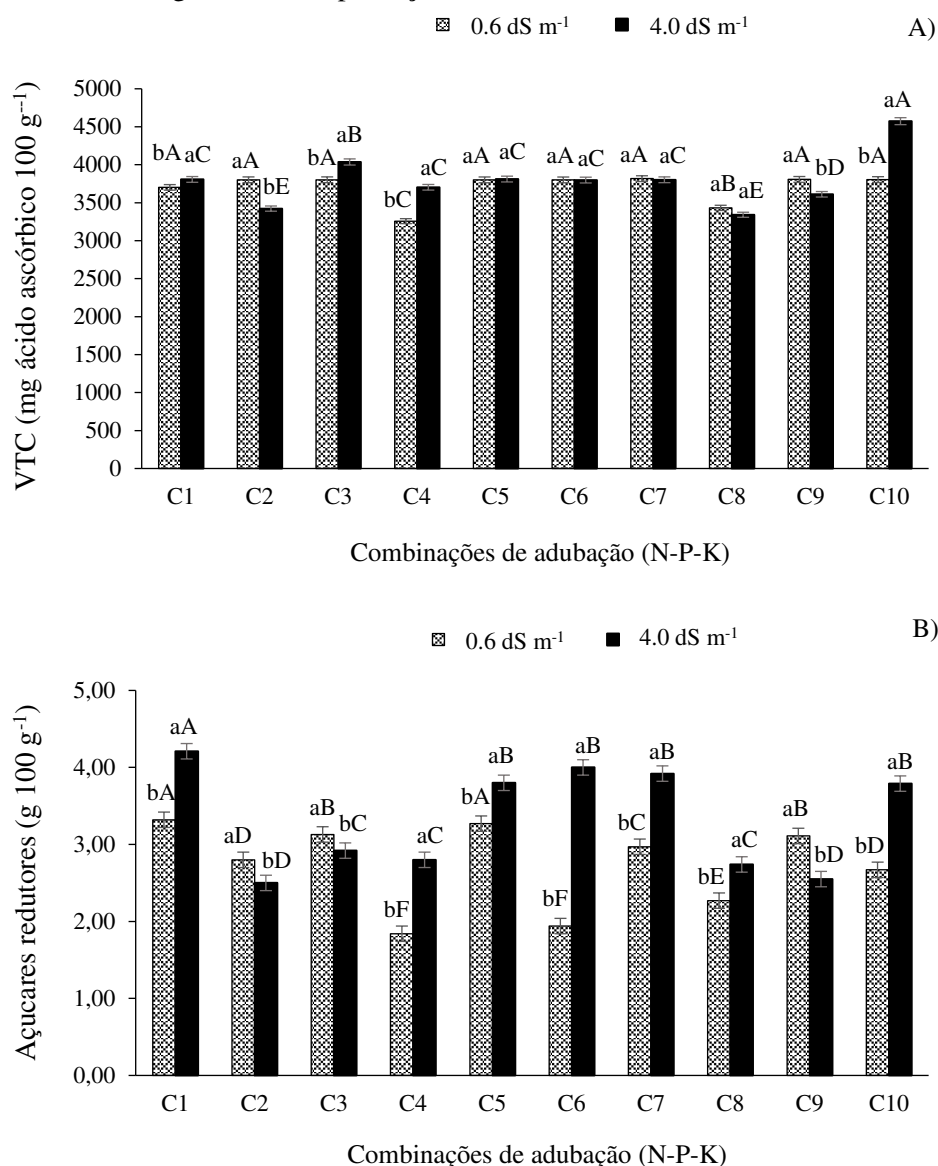
Para as plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ os maiores valores desse índice foram verificados quando associados as combinações de adubação C₁ (5.65) e C₃ (5.63), diferindo ($p \leq 0,01$) dos outros tratamentos de adubação combinada, sendo que 6,8 é considerado o valor ideal (Brasil, 2016).

O índice de maturação é representado pela relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez titulável, correspondendo uma das principais ferramentas para analisar o sabor das frutas, visto que denota o equilíbrio entre as duas variáveis supracitadas (Chitarra; Chitarra, 2005). Ferreira *et al.* (2022) avaliando a produção e qualidade da pós-colheita de frutos de pinha irrigada com água salina (CEa de 0,8 e 3,0 dS m⁻¹) e fertilização com diferentes combinações de NPK, constataram que os maiores valores foram encontrados com a combinação de 125-125-100% de NPK. Por outro lado, Silva *et al.* (2022) não observaram diferença estatisticamente significativa no índice de maturação dos frutos de acerola em plantas irrigadas com diferentes CEa e combinações de N-K. Adriano *et al.* (2011) determinaram valores de Ratio - SST/AT de 2,41 e 2,27 para frutos de acerola maduro e semimaduro, respectivamente.

De acordo com o desdobramento dos dados para os valores de vitamina C dos frutos de acerola (Figura 6A), observa-se diferenças ($p \leq 0,01$) entre as condutividades elétricas da água estudadas. É importante ressaltar que a maior condutividade elétrica da água de irrigação (4,0 dS m⁻¹) e a combinação de adubação C₁₀ causaram o maior valor dessa variável, sendo significativamente superior ($p \leq 0,01$) as demais combinações. Por outro lado, as plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ apresentaram maiores valores de vitamina C quando as plantas receberam as combinações C₂, C₆, C₇ C₈ e C₉, porém, diferem apenas das combinações C₄ e C₈.

Neste sentido, Silva *et al.* (2022) estudando a produção e qualidade dos frutos de acerola em função do aumento da CEa e combinações de NK constataram diminuição de 2,16% no teor de vitamina C dos frutos para cada aumento unitário na CEa de irrigação. A redução no teor de vitamina C provocada pelo excesso de sais na água de irrigação estresse salino está intimamente relacionado com a diminuição dos teores de açúcares hexoses solúveis, responsáveis pela síntese do ácido ascórbico pelos frutos (Dias *et al.*, 2012).

Figura 6. Vitamina C (A) e açúcares redutores (B) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, p ≤ 0,05). Médias de três repetições ± erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

Os açúcares redutores da polpa dos frutos de acerolas apresentaram efeitos significativos em função da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 6B). Apesar do aumento dos valores de açúcares redutores observados nas plantas irrigadas com C_{Ea} de 4,0 dS m⁻¹, apenas

aquelas cultivadas sob a combinação C₁ (80-100-100% dose recomendada de N-P-K) diferiu ($p \leq 0,01$) das demais combinações, apresentando aumentos de 68,40% em comparação as plantas controle (C₂) irrigadas com o mesmo nível salino. Para os tratamentos com CEa de 0,6 dS m⁻¹, a combinação de adubação C₁ também produziu o maior resultado para esta variável, e só não difere da combinação C₅.

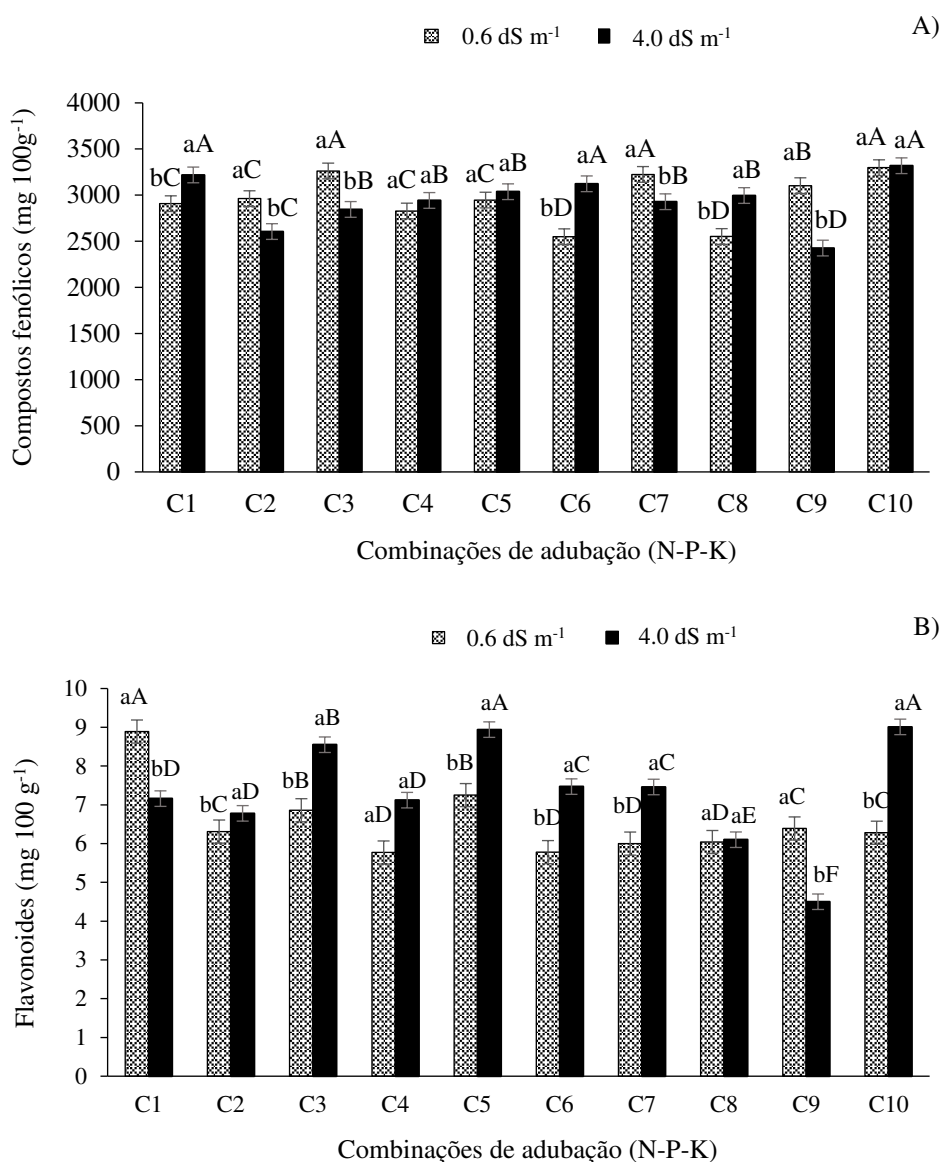
Diante destes resultados observa-se que, o fornecimento da concentração adequada de N em plantas submetidas ao estresse salino favorece as vias biosintética relacionadas aos hidratos de carbono e mantém o equilíbrio na assimilação de N e dos demais nutrientes essenciais, aumentando a concentração de constituintes orgânicos, como os açúcares nas plantas (Marschner, 2012). Neste sentido, tanto frutas para consumo *in natura* como para o processamento industrial, os maiores teores de açúcares são essenciais, visto que aumenta a doçura e viscosidade, além de melhorar a textura e diminuir o ponto de congelamento da polpa (Brasil, 2018). Lacerda *et al.* (2021) estudando a qualidade de frutos de aceroleira irrigada com águas salinas e adubação com nitrogênio-potássio observaram reduções lineares nos valores de açúcares totais da polpa, com decréscimos de até 1,72% por unidade de incremento na salinidade da água. Adriano *et al.* (2011) constataram valores respectivos de 5,73 e 4,24 (g/100g) para frutos de acerola maduros e semimaduros.

Para os compostos fenólicos dos frutos de acerola (Figura 7A), plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ os maiores valores foram observados nas combinações de adubação C₁, C₆ e C₁₀, que diferem ($p \leq 0,01$) das demais combinações. Por outro lado, no tratamento com menor condutividade elétrica, as combinações de adubação C₃, C₇ e C₁₀ apresentaram os maiores valores de compostos fenólicos, diferindo dos demais tratamentos com combinações de adubação.

Conforme observa-se na Figura 7A, os maiores valores dos compostos fenólicos dos frutos de acerola nas plantas submetidas ao estresse salino estão associados as combinações de adubação C₁, C₄, C₅, C₆, C₈ e C₁₀, porém, difere das plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ apenas nas combinações C₁, C₆ e C₈ quando comparadas a CEa de 4,0 dS m⁻¹. Sendo assim, entende-se que a disponibilidade da quantidade ótima de N nas plantas submetidas a concentrações elevadas de sais na água de irrigação pode aumentar a eficiência na taxa de assimilação de CO₂ e de outras vias relacionadas aos hidratos de carbono, aumentando a concentração de constituintes orgânicos no fruto (Aular; Natale, 2013), enquanto o fósforo tem atuação no metabolismo energético, o que favorece a síntese de ácidos nucleicos, coenzimas e

açúcares (Ferreira *et al.*, 2022), aumentando a concentração de compostos fenólicos dos frutos de acerola sob condições adversas impostas pelo estresse provocados pelos sais, conseqüentemente, promove melhoria na qualidade da polpa (Lacerda *et al.*, 2021).

Figura 7. Compostos fenólicos (A) e flavonoides (B) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação

indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, $p \leq 0,05$). Médias de três repetições \pm erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

Os valores de flavonoides da polpa dos frutos diferem ($p \leq 0,01$) entre as condutividades elétricas da água de irrigação (Figura 7B). Plantas sob CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e submetidas as combinações de adubação C₅ e C₁₀ foram superiores ($p \leq 0,01$) as demais combinações (Figura 7B). Em contrapartida, nas plantas irrigadas com a menor CEa ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) o maior valor de flavonoides está associado a combinação C₁, que difere dos outros tratamentos de combinações de adubação (Figura 7B).

No presente estudo, o aumento dos valores de flavonoides dos frutos de acerola sob estresse salino está relacionado, principalmente, ao fornecimento adequado de potássio, visto que a combinação de adubação que mais favoreceu a produção dos mesmos foi a C₁₀ (100-100-140% da dose recomendada de N-P-K). O potássio participa de algumas funções fundamentais nos vegetais, como o transporte dos aminoácidos e açúcares para órgãos de armazenamento e ativação enzimática (Prajapati; Modi, 2012). Além disso, o fornecimento adequado deste macronutriente pode aumentar a competição do mesmo com outros cátions, sobretudo, o Na⁺ (Heidari; Jamshid, 2010). Portanto, essas funções do potássio são essenciais no cultivo de plantas irrigadas com água de condutividade elétrica elevada.

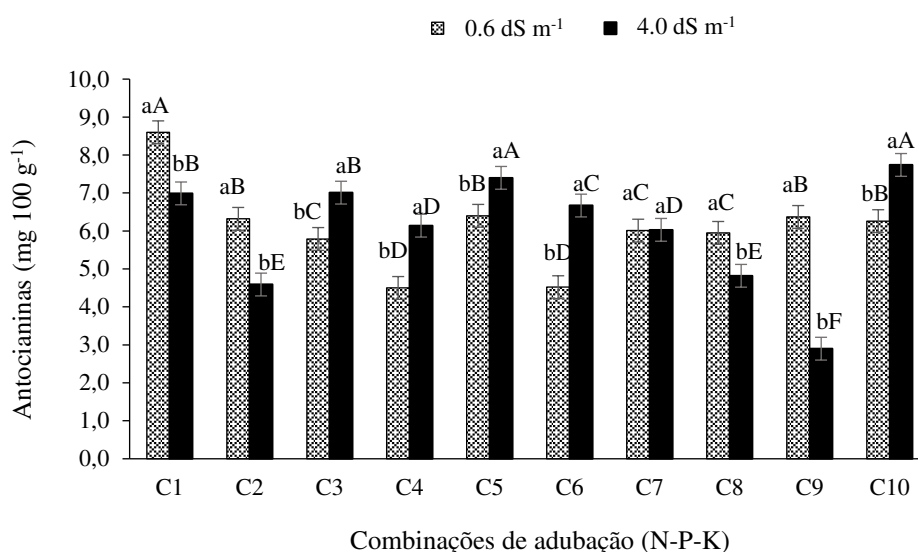
De acordo com os resultados apresentados na Figura 8, observa-se que os teores de antocianinas ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) da polpa dos frutos de acerola foram influenciadas ($p \leq 0,01$) pelas condutividades elétricas da água de irrigação em todas as combinações de adubação, exceto a combinação C₇. Plantas irrigadas com CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, o maior resultado das antocianinas foi observado na combinação C₁ diferindo das outras combinações de adubação. Nas plantas irrigadas com CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ os maiores valores de antocianinas ocorreram nas combinações C₅ e C₁₀ diferindo ($p \leq 0,01$) das demais combinações (Figura 8).

No presente estudo, a redução na concentração de antocianinas dos frutos observadas nas plantas de acerola irrigadas com CEa elevada ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), possivelmente, está relacionado a diminuição dos valores de flavonoides, visto que são compostos pertencentes à classe dos flavonoides (Garriga *et al.*, 2014). Para os frutos de acerola altos valores de antocianinas são fundamentais, pois este composto é responsável pela coloração vermelha do fruto maduro, sendo um dos aspectos essenciais quanto ao interesse do produto pelo consumidor (Araújo *et al.*, 2009). Lacerda *et al.* (2021) observaram redução nos teores de antocianina quando a

salinidade aumentava até 4,3 dS m⁻¹ independentemente da combinação de adubação com N-K.

Diante de todo o exposto, é necessário, portanto, adotar o manejo cada vez mais eficaz nos cultivos em que as plantas cultivadas são submetidas a condições de estresse causado pelos sais, como por exemplo, as combinações de adubação com NPK.

Figura 8. Antocianinas (mg 100g⁻¹) da polpa dos frutos de acerola em função da interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação com NPK avaliada no segundo ano de produção.



C₁ = 80-100-100; C₂ = 100-100-100; C₃ = 120-100-100; C₄ = 140-100-100; C₅ = 100-80-100; C₆ = 100-120-100; C₇ = 100-140-100, C₈ = 100-100-80, C₉ = 100-100-120 e C₁₀ = 100-100-140% da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O; Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas indicam que, para o mesmo tipo de água, não há diferenças significativas entre as combinações de adubação pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade, e letras minúsculas idênticas na mesma combinação de adubação indicam que não há diferença significativa entre os níveis salinos (teste de F, p ≤ 0,05). Médias de três repetições ± erro padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa

4. Conclusões

A irrigação da aceroleira com salinidade da água de 4,0 dS m⁻¹ afetou negativamente o número total de frutos, peso total dos frutos, peso médio dos frutos e diâmetro equatorial dos frutos, no segundo ano de produção da cultura.

Plantas irrigadas com salinidade da água de 4,0 dS m⁻¹ e associadas com a combinação de adubação contendo 100% de N + 100% de P₂O₅ + 120% de K₂O da recomendação favoreceu o número total de frutos e peso total de frutos de acerola no segundo ano de produção.

A interação da condutividade elétrica da água de 0,6 dS m⁻¹ e a combinação de adubação contendo 100% de N + 80% de P₂O₅ + 120% de K₂O promoveu aumentos no número total de frutos e peso total de frutos de acerola no segundo ano de produção.

Plantas de acerola irrigadas com condutividade elétrica da água de 4,0 dS m⁻¹ e associadas às diferentes combinações de adubação C₁ (80-100-100%), C₃ (120-100-100%), C₆ (100-120-100%), e C₁₀ (100-100-140%) da dose recomendada de N-P-K incrementou a acidez titulável, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, vitamina C e compostos fenólicos (C₁); índice de maturação, vitamina C e compostos fenólicos (C₃); sólidos solúveis totais, açúcares redutores, índice de maturação, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas (C₆); vitamina C, índice de maturação, flavonoides e antocianinas (C₁₀) em comparação com plantas irrigadas com condutividade elétrica da água de 0,6 dS m⁻¹.

Plantas de aceroleira irrigadas com água com condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ foram afetadas negativamente em relação ao índice de maturação, flavonoides e antocianinas (C₁); sólidos solúveis totais, açúcares redutores, compostos fenólicos e flavonoides (C₃); vitamina C (C₆); acidez titulável; e compostos fenólicos (C₁₀).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, a Universidade Estadual da Paraíba, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio na realização desta pesquisa e ao Dr. Leandro de Pádua Souza, pelo seu empenho na montagem inicial do experimento e condução do primeiro ano de cultivo.

Referências

ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. especial, p. 541-545, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500073>.

ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de

doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 194-205, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18215>.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MAIA, G.A.; MOURA, C. F. H.; SOUSA, P. H. M. Qualidade físico-química e química de frutos de clones de aceroleira recobertos com filme de PVC e conservados por refrigeração. **Semina: Ciências. Agrárias.**, v. 30, n. 4, p. 867 – 880, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4p867>

ASHRAF, M.; SHAHZAD, S.M.; IMTIAZ, M.; RIZWAN, M. S.; ARIF, M. S.; KAUSAR, R. Nitrogen nutrition and adaptation of glycophytes to saline environment: a review. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [s. l.], v. 64, n. 9, p. 1181 - 1206. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1419571>

AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1214 – 1231, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400033>.

BEZERRA, M. A. F.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, F. T. C.; SILVA, A. R.; OLIVEIRA, F. F.; MEDEIROS, S. A. S. Saline water, pit coating and calcium fertilization on chlorophyll, fluorescence, gas exchange and production in passion fruit. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 11, p. 319 - 329, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p319>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 01**, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de fruta. 2000. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao?operacao=visualizar&id=7777>. Acesso em 10 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. **Instrução normativa nº 37**, de 1º de outubro de 2018. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 8 out. 2018, Seção I, p. 23. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612. Acesso em 10 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n. 58**, de 30 de agosto de 2016. Brasília: Diário Oficial da União, n. 169, seção 1, p. 4, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-secao-1-portaria-58.pdf. Acesso em 10 mar. 2023.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 144 p.

CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2. aproximação. 3.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of west indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 628 - 633, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p628-633>.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, L. C.; FREIRE, J. L. O.; Beckmann-Cavalcante, M. Z.; Santos, G. P. Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2905 – 2918, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6Supl1p2905>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019.

FERREIRA, F. N.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SÁ, F. V. S.; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. A. Production and post-harvest quality of custard apple irrigated with saline water and fertilized with N-P-K. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 13, e3795, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v13.3795>

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: Markakis, P. (ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.

GARRIGA, M.; RETAMALES, J.B.; BRAVO, S.R.; CALIGARI, P.D.S.; LOBOS, G.A. Chlorophyll, anthocyanin, and gas exchange changes assessed by spectroradiometry in *Fragaria chiloensis* under salt stress. **Journal of Integrative Plant Biology**, [s. l.] v. 56, n. 5, p. 505-515, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jipb.12193>

HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **Journal of Agricultural and Biological Science**, Islamabad, v. 5, n. 6, p. 39-46, 2010.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed.; 1.ed. digital. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

LACERDA, C. N.; LIMA, G. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A.A. Fruit quality of West Indian cherry under saline water irrigation and nitrogen-potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Londrina, v. 25, n. 11, p. 741-749, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n11p741-749>.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 3, p. 1-12. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2164>.

LIMA, G. S.; FERNANDES, C. G. J.; SOARES, L. A. 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**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 184-194, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n120rc>.

LIMA, G. S.; SILVA, A. R. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Physicochemical quality of fruits of west indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 217 – 225, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n123rc>.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. Amsterdam: Academic Press, 2012. 649p.

MEDEIROS, J. F. de.; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M de.; SILVA JÚNIOR, M. J. ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 469 - 472, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300010>.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MOREIRA, R. C. L.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; SÁ, F. V. S.; SILVA, L. A.; OLIVEIRA, C. J. A.; VELOSO, L. L. S.; QUEIROGA, T. B. Growth and physiology of *Annona squamosa* L. under different irrigation depths and phosphate fertilization. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 2, p. 389-397, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n2a20198-4193>

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; FIGUEIREDO, R. W.; PAIVA, J. R. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 52 – 57, 2007.

NASCIMENTO FILHO, E.; SILVA, N. N. B.; CONVERTI, A.; GROSSO, C. R. F.; SANTOS, A. M. P.; RIBEIRO, D. S.; MACIEL, M. I. S. Microencapsulation of acerola (*Malpighia emarginata* DC) and ciriguela (*Spondias purpurea* L) mixed juice with different wall materials. **Food Chemistry Advances**, [s. l.], v. 1, 100046, p. 1 - 8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100046>.

OLIVEIRA, R. GODOY, H.; PRADO, M. Otimização de metodologia colorimétrica para determinação de ácido ascórbico em geleia de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 244 – 249, jan./mar. 2010.

OUHADDACH, M.; ELYACOUBI, H.; DOUAIK, A.; ROCHDI, A. Morpho-physiological and biochemical responses to salt stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) at the heading stage. **Journal of Materials and Environmental Sciences**, Oujda, v. 9, n. 6, p. 1899 – 1907, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26872/jmes.2018.9.6.209>

PINELO, M.; LAURIE, V. F.; WATERHOUSE, A. L. A Simple Method to Separate Red Wine Nonpolymeric and Polymeric Phenols by Solid-Phase Extraction. **Journal of agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 8, p. 2839 – 2844, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf052814a>.

PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; OLIVEIRA, S.G.; SILVA, F.A. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 53, p. 1 – 11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220009>

PRAJAPATI, K.; MODI, H. A. **The importance of potassium in plant growth** – A review. *Indian Journal of Plant Sciences*, Nova Deli, v. 1, n. 2 – 3, p. 177 – 186, 2012.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: Department of Agriculture, 1954. 160p

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n. 264, p. 17-25, set. / out. 2011.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; FERNANDES, P. D.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; FERREIRA NETO, M. Water relations and gas exchanges of West Indian cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. **Journal of Agricultural Science**, Ontário, v. 9, n. 10, p. 168 - 177, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v9n10p168>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; LACERDA, C. F.; FERNANDES, P. D. Saline water, nitrogen and phosphorus on water relations and physiological aspects of West Indian cherry. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 9, n. 3, p. 430 - 437, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/CS.v9i3.2781>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. 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**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 211 - 221, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-41742>.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. The right combination of N-P-K fertilization may mitigate salt stress in custard apple (*Annona squamosa* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, [s. l.], v. 43, n. 59, p. 1 - 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-021-03225-1>.

SEGTOEWICK, E. C. S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Avaliação físico-química e sensorial de fermentado de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 147 – 154, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000015>.

SILVA, A. A. R. da; VELOSO, L. L. de S. A.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SÁ, F. V. da S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Cultivation of custard-apple irrigated with saline water under

combinations of nitrogen, phosphorus and potassium. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 1, p. 181-190, jan./mar 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n118rc>

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; OLIVEIRA, V. K. N.; and SILVA, L. A. 2020. Photosynthesis and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under nitrogen/potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 11, n. 1, p. 1 – 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i.3155>.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R.G.; BARBOSA, J. L.; SANTOS, B. G. F. L.; OLIVEIRA, S. G.; SILVA, E. L.; GUEDES, M. A. Fruit quality of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen/potassium fertilization. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 36, n. 4, p. 1238 – 1250, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n4a2020-48164>.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; SOUZA, C. M. A. Morphology and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 1027 – 1037, out. / dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n419rc>.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; BONIFÁCIO, B. F. Saline waters and nitrogen/potassium fertilization combinations on physiological aspects and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 16, n. 6, e2780, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2780>.

SIMÃO, E. P.; RESENDE, Á. V.; NETO, M. M. G.; BORGHI, E.; VANIN, À. Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 76-90, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573p

CAPÍTULO VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa de 4,0 dS m⁻¹) comprometeu o status hídrico foliar, o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar, as trocas gasosas foliares, o teor de pigmentos fotossintéticos, o rendimento quântico do fotossistema II, o crescimento dos novos ramos e, conseqüentemente, afetou todas as variáveis de produção da aceroleira cv. Flor Branca, aos 304 dias após a poda, durante segundo ano de produção.

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente os pigmentos fotossintéticos da aceroleira, notadamente pela redução nos teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *total* e carotenoides, o que resultou em menor número total de frutos, peso total dos frutos, peso médio dos frutos e diâmetro equatorial dos frutos de aceroleira. Além disso, aumenta a porcentagem de extravasamento de eletrólitos do limbo foliar, explicados pelas maiores concentrações de Na⁺ e Cl⁻ constatadas.

Por outro lado, o uso de combinação de adubação com 140-100-100% (CA4) da dose recomendada de N-P₂O₅-K₂O, amenizou os efeitos deletérios do estresse salino (CEa de 4,0 dS m⁻¹) no teor relativo de água, na concentração interna de CO₂, na taxa de assimilação de CO₂, desta forma, melhorando o aproveitamento da energia disponível através da redução da fluorescência inicial e aumento da fluorescência máxima da aceroleira, aos 304 dias, durante o segundo ano de produção.

A combinação de adubação 100-120-100% da recomendação (CA6) sob estresse salino (CEa de 4,0 dS m⁻¹) melhorou o aproveitamento da energia disponível, convertendo em maiores teores de sólidos solúveis totais, açúcares redutores, relação SST/AT (índice de maturidade ratio), compostos fenólicos, flavonóides e antocianinas, em aceroleira cv. Flor Branca, aos 304 dias, durante o segundo ano de produção. Esta combinação de adubação foi eficaz na mitigação dos efeitos negativos da salinidade sob a acumulação de prolina livre nas aceroleiras.

As atividades enzimáticas da superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) aumentaram quando submetidas ao estresse salino (CEa de 4,0 dS m⁻¹).

A combinação de adubação CA5 - 100-80-100% de recomendação de NPK (200, 24 e 80 g planta⁻¹ de NPK) para o segundo ano de produção modula a atividade enzimática da SOD e APX, a qual atenua os impactos da salinidade na aceroleira, sendo uma escolha eficiente para preservar a sua homeostase redox sob estresse salino.

Embora a produção tenha sido menor, para o setor industrial, especialmente a indústria farmacêutica e de cosméticos, a combinação de adubação CA10, é a mais importante, pois é capaz de minimizar os efeitos do estresse salino (CEa=4,0 dS m⁻¹) sobre a cultura da aceroleira

cultivar Flor Branca durante o segundo ano de produção, incrementando os teores de vitamina C, compostos fenólicos, antocianinas e Brix, sendo os compostos de maior interesse para tais indústrias.

Apesar dos benefícios promovidos pelas combinações de adubação sobre as variáveis, há a necessidade de realização de estudos complementares para elucidar os mecanismos moleculares subjacentes e compreender a exata influência das combinações específicas de fertilizantes não explicados pelos dados da presente pesquisa, como por exemplo: a falta de correlação entre as respostas momentâneas ou pontuais (como teores de solutos, atividade enzimática, trocas gasosas, etc.) e respostas integrais, como a produção. Neste sentido, a realização de análises pontuais e integrais de forma conjunta, podem elucidar com precisão as respostas não encontradas nesta pesquisa. Esses discernimentos se mostram cruciais para aprimorar as práticas de fertilização, fortalecer a tolerância das fruteiras frente à salinidade e fomentar a produção sustentável em condições adversas.

Outro fator importante a ser observado, é a realização de investimentos em políticas públicas para interiorização da produção da aceroleira no estado da Paraíba, principalmente rumo ao Sertão e Cariri, onde se encontra as maiores fontes de água salina e menores cultivos de acerola. Estas políticas, devem ser pensadas como Parceria Público-Privada (PPP) para organizar e promover crescimento da cadeia produtiva da aceroleira nestas localidades. Além disso, as PP devem desenvolver uma logística eficiente na redução dos custos de deslocamento de insumos às áreas de produção e da produção rumo aos mercados, o que incrementará a renda dos produtores. Isso pode ser viabilizado através do investimento em trabalho de qualidade, organização das terras e tecnologias, que são os pilares da produção agrícola.

ANEXOS

**ANEXO A – RESULTADOS DAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO ANALISADAS
AOS 64; 124; 184; 244 e 364 DIAS APÓS A PODA (DAP)**

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 64 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Q1 - Norte	Q2 - Leste	Q3 - Sul	Q4 - Oeste
Condutividade elétrica da água – CEa	1	97,02 ^{ns}	295,70 ^{ns}	21,84 ^{ns}	81,83 ^{ns}
Combinações de adubação – NPK	9	195,52 ^{ns}	243,35 ^{ns}	489,70 ^{ns}	121,32 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	150,94 ^{ns}	272,99 ^{ns}	245,32 ^{ns}	275,53 ^{ns}
Blocos	2	14,84 ^{ns}	284,54 ^{ns}	715,27 ^{ns}	580,58 ^{ns}
Resíduo	38	167,20	293,63	242,07	254,42
CV (%)		33,6	43,02	39,01	41,5

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 124 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Q1 - Norte	Q2 - Leste	Q3 - Sul	Q4 - Oeste
Condutividade elétrica da água – CEa	1	667,93 ^{ns}	194,40 ^{ns}	781,20 ^{ns}	13,22 ^{ns}
Combinações de adubação – NPK	9	174,78 ^{ns}	837,40 ^{**}	402,24 ^{ns}	118,22 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	112,36 ^{ns}	248,42 ^{ns}	279,30 ^{ns}	397,73 ^{ns}
Blocos	2	805,67 ^{ns}	1328,45 ^{ns}	624,61 ^{ns}	645,80 ^{ns}
Resíduo	38	380,65	290,50	348,23	243,02
CV (%)		34,69	31,90	36,40	32,91

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 184 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Q1 - Norte	Q2 - Leste	Q3 - Sul	Q4 - Oeste
Condutividade elétrica da água – CEa	1	145798,83 ^{ns}	941925,20 ^{**}	296615,3 ^{ns}	320730,64 [*]
Combinações de adubação – NPK	9	46496,54 ^{ns}	112577,19 ^{ns}	163437,5 ^{ns}	87286,73 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	42187,82 ^{ns}	157694,42 ^{ns}	270482,4 ^{ns}	83894,07 ^{ns}
Blocos	2	19473,94 ^{ns}	70861,65 ^{ns}	514586,1 ^{ns}	1219,18 ^{ns}
Resíduo	38	62514,64	108706,28	327148,9	68154,97
CV (%)		83,16	105,72	143,86	83,39

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 4. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 244 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Q1 - Norte	Q2 - Leste	Q3 - Sul	Q4 - Oeste
Condutividade elétrica da água – CEa	1	16777,85 ^{ns}	1023261,45*	300541,7 ^{ns}	164923,8 ^{ns}
Combinações de adubação – NPK	9	127727,73 ^{ns}	169255,07 ^{ns}	265135,5 ^{ns}	139796,5 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	81379,61 ^{ns}	266970,96 ^{ns}	400206,8 ^{ns}	97968,27 ^{ns}
Blocos	2	97708,47 ^{ns}	269646,14 ^{ns}	924133,5 ^{ns}	3290,72 ^{ns}
Resíduo	38	148828,02	197700,26	444961,5	117400,55
CV (%)		89,97	102,46	128,37	80,09

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 5. Resumo da análise de variância referente ao crescimento dos ramos da aceroleira nos diferentes quadrantes (Q1 - Norte, Q2 – Leste, Q3 - Sul e Q4 – Oeste), aos 364 dias após a poda (DAP), no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Q1 - Norte	Q2 - Leste	Q3 - Sul	Q4 - Oeste
Condutividade elétrica da água - CEa	1	3354052,7 ^{ns}	1139906,47*	192842,3 ^{ns}	6864,47 ^{ns}
Combinações de adubação - NPK	9	397494,9 ^{ns}	189579,61 ^{ns}	372321,6 ^{ns}	315054,5 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	227092,2 ^{ns}	252132,58 ^{ns}	421248,7 ^{ns}	155862,6 ^{ns}
Blocos	2	842039,77 ^{ns}	429343,47 ^{ns}	96304,4 ^{ns}	91205,71 ^{ns}
Resíduo	38	539476,41	215303,53	483408,9	220999,36
CV (%)		86,90	92,40	112,55	85,55

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

**ANEXO B – RESULTADOS DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS ANALISADAS AOS
64; 124; 184; 244 e 364 DIAS APÓS A PODA (DAP)**

Relações hídricas

Tabela 6. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		TRA	DSH	EE
Condutividade elétrica da água – CEa	1	331,397002*	331,397002*	2,181227 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	34,840142 ^{ns}	34,840142 ^{ns}	1,909860 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	200,943557**	200,943557**	2,061653 ^{ns}
Blocos	2	22,328495 ^{ns}	22,328495 ^{ns}	0,899955 ^{ns}
Resíduo	38	68,262902	68,262902	3,063297
CV (%)		10,7	35,5	17,4

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		TRA	DSH	EE
Condutividade elétrica da água – CEa	1	18,437127 ^{ns}	18,437127 ^{ns}	103,779802 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	72,498251 ^{ns}	72,498251 ^{ns}	53,563179 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	94,847123 ^{ns}	94,847123 ^{ns}	112,397016 ^{ns}
Blocos	2	367,316685**	367,316685**	534,13360**
Resíduo	38	57,580292	57,580292	83,219182
CV (%)		9,85	33,02	61,99

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		TRA	DSH	EE
Condutividade elétrica da água – CEa	1	37,303935 ^{ns}	37,303935 ^{ns}	104,069340 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	27,134923 ^{ns}	27,134923 ^{ns}	137,167673 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	79,372654 ^{ns}	79,372654 ^{ns}	187,281647 ^{ns}
Blocos	2	79,372654 ^{ns}	32,685662 ^{ns}	896,274245**
Resíduo	38	51,833111	51,833111	171,359559
CV (%)		10,22	24,37	127,44

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		TRA	DSH	EE
Condutividade elétrica da água – CEa	1	141,158682 ^{ns}	141,158682 ^{ns}	51,485607 ^{**}
Combinações de adubação – CA	9	209,474293 ^{ns}	209,474293 ^{ns}	6,563819 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	153,760782 ^{ns}	153,760782 ^{ns}	9,583877 ^{ns}
Blocos	2	73,512545 ^{ns}	73,512545 ^{ns}	12,387375 ^{ns}
Resíduo	38	73,512545	142,511522	8,378924
CV (%)		17,96	35,61	28,46

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		TRA	DSH	EE
Condutividade elétrica da água – CEa	1	25,602827 ^{ns}	25,602827 ^{ns}	2363,0646 ^{**}
Combinações de adubação – CA	9	120,082392 [*]	120,082392 [*]	95,419059 [*]
Interação (CEa × CA)	9	18,477180 ^{ns}	18,477180 ^{ns}	118,493364 ^{ns}
Blocos	2	58,375809 ^{ns}	58,375809 ^{ns}	39,614408 ^{ns}
Resíduo	38	47,873450	47,873450	34,428925
CV (%)		9,15	28,40	23,50

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Trocas gasosas

Tabela 11. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		Ci	E	gs	A	EiUA	EiCi
Condutividade elétrica da água – CEa	1	2444,81 ^{ns}	0,59 [*]	0,003 [*]	43,11 [*]	4,79 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Combinações de adubação – NPK	9	3370,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	10,28 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	2582,48 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,77 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Blocos	2	5673,95 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo	38	2666,82	0,15	0,0008	8,21	2,19 ^{ns}	0,0003
CV (%)		21,27	24,12	31,72	42,22	35,20	59,93

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 12. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		Ci	E	gs	A	EiUA	EiCi
Condutividade elétrica da água – CEa	1	5264,06 ^{ns}	1,0428 ^{**}	0,0086 ^{**}	23,512 ^{ns}	0,8236 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Combinações de adubação – NPK	9	1559,17 ^{ns}	0,0778 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	7,218 ^{ns}	2,2495 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	1238,73 ^{ns}	0,1180 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	5,3172 ^{ns}	1,0050 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Blocos	2	5617,26 ^{ns}	0,1412 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	18,1030 ^{ns}	5,7464 ^{ns}	0,0036 ^{ns}
Resíduo	38	2584,371	0,1300	0,0007	7,0526	2,7506	0,0015
CV (%)		27,48	30,15	41,47	35,96	26,52	84,60

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 13. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		Ci	E	gs	A	EiUA	EiCi
Condutividade elétrica da água – CEa	1	4997,58 ^{ns}	2,2581 ^{**}	0,003527 ^{**}	55,7770 ^{**}	3,24337 ^{ns}	0,0030 ^{**}
Combinações de adubação – NPK	9	3577,24 ^{ns}	0,14493 ^{ns}	0,000338 ^{ns}	5,56073 ^{ns}	2,10003 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Interação (CEa × NPK)	9	3454,65 ^{ns}	0,21911 ^{ns}	0,000523 ^{ns}	9,645079 [*]	1,85325 ^{ns}	0,0007 ^{**}
Blocos	2	15233,8 ^{ns}	0,46820 ^{ns}	0,000362 ^{ns}	27,7608 ^{**}	3,98523 ^{ns}	0,0024 ^{**}
Resíduo	38	2429,976	0,225440	0,000397	3,803707	1,447914	0,00025
CV (%)		24,90	36,06	41,79	38,48	31,46	52,26

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 14. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		Ci	E	gs	A	EiUA	EiCi
Condutividade elétrica da água – CEa	1	126,150 ^{ns}	0,0312 ^{ns}	0,000027 ^{ns}	2,40800 ^{ns}	0,74348 ^{ns}	2,6x10 ⁻⁷
Combinações de adubação – NPK	9	2838,15 ^{ns}	0,03284 ^{ns}	0,000119 ^{ns}	1,23465 ^{ns}	1,44691 ^{ns}	8,9x10 ⁻⁵
Interação (CEa × NPK)	9	7423,29 ^{ns}	0,05709 ^{ns}	0,000130 ^{ns}	1,87294 ^{ns}	4,49388 ^{ns}	1,3x10 ⁻⁴
Blocos	2	64230,0 ^{ns}	0,91267 ^{ns}	0,002632 ^{ns}	3,07712 ^{ns}	19,0415 ^{ns}	3,3x10 ⁻⁵
Resíduo	38	5309,034	0,05640	0,000147	1,100852	2,957204	5,1x10 ⁻⁵
CV (%)		32,18	43,04	52,04	51,52	40,40	64,04

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 15. Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) das plantas de acerola irrigadas com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de produção.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		Ci	E	gs	A	EiUA	EiCi
Condutividade elétrica da água – CEa	1	3572,81 ^{ns}	1,42604*	0,003082*	37,067**	2,91457 ^{ns}	0,001**
Combinações de adubação – NPK	9	3723,39 ^{ns}	0,26613 ^{ns}	0,000473 ^{ns}	5,77905 ^{ns}	1,70523 ^{ns}	0,0004*
Interação (CEa × NPK)	9	6412,08 ^{ns}	1,11694 ^{ns}	0,001202 ^{ns}	22,2974 ^{ns}	2,47777 ^{ns}	0,001**
Blocos	2	30977,2 ^{ns}	0,45862 ^{ns}	0,001965 ^{ns}	13,4358 ^{ns}	7,65033 ^{ns}	0,001**
Resíduo	38	3887,747	0,240239	0,0004255	3,421562	2,444551	0,00018
CV (%)		30,15	48,89	53,07	46,83	37,87	57,74

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Fluorescência da clorofila “a”

Tabela 16. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
Condutividade elétrica da água – CEa	1	552,150 ^{ns}	109,350 ^{ns}	1109,400 ^{ns}	0,054**
Combinações de adubação – CA	9	1379,342 ^{ns}	43106,609 ^{ns}	33525,748 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	1153,520 ^{ns}	24436,090 ^{ns}	20227,844 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Blocos	2	122,616 ^{ns}	21341,616 ^{ns}	18496,266 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo	38	2910,879	53780,213	34827,880	0,0005
CV (%)		12,48	10,94	11,06	2,95

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 17. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
Condutividade elétrica da água – CEa	1	8616,01666**	123306,66**	66733,3500*	0,000095 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	2266,52037 ^{ns}	38841,192*	25579,2981*	0,000204 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	1525,27592 ^{ns}	38132,296 ^{ns}	25923,6092*	0,000085 ^{ns}
Blocos	2	944,450000 ^{ns}	5158,3166 ^{ns}	1746,0166 ^{ns}	0,000065 ^{ns}
Resíduo	38	1182,78333	18900,5798	12411,911	0,000105
CV (%)		8,38	7,00	7,17	1,30

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 18. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
Condutividade elétrica da água – CEa	1	15811,2666**	61376,016 ^{ns}	14883,750 ^{ns}	0,000854 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	2031,4148 ^{ns}	52516,609 ^{ns}	36814,557 ^{ns}	0,000289 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	1449,2666 ^{ns}	42309,868 ^{ns}	33672,231 ^{ns}	0,000419 ^{ns}
Blocos	2	592,5500 ^{ns}	2729,116 ^{ns}	5749,716 ^{ns}	0,000524 ^{ns}
Resíduo	38	1652,7605	32775,6956	26487,576	0,000462
CV (%)		8,89	9,01	10,48	2,79

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 19. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
Condutividade elétrica da água – CEa	1	15812,27**	614,016 ^{ns}	14905,760 ^{ns}	0,0009102 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	2031,414 ^{ns}	526,612 ^{ns}	36905,561 ^{ns}	0,000305 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	1449,26 ^{ns}	424,901 ^{ns}	33720,248 ^{ns}	0,000489 ^{ns}
Blocos	2	592,550 ^{ns}	273,212 ^{ns}	5768,816 ^{ns}	0,000596 ^{ns}
Resíduo	38	1650,760	328089,69	27468,582	0,0005040
CV (%)		8,91	9,10	11,03	3,15

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 20. Resumos das análises de variância referentes a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
Condutividade elétrica da água – CEa	1	13261,06**	216720,600 ^{ns}	95122,016 ^{ns}	0,000365 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	1105,555 ^{ns}	40996,112 ^{ns}	30761,305 ^{ns}	0,000353 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	2347,066 ^{ns}	46394,340 ^{ns}	35050,387 ^{ns}	0,000606 ^{ns}
Blocos	2	1617,800 ^{ns}	11744,266 ^{ns}	19189,850 ^{ns}	0,001454 ^{ns}
Resíduo	38	1930,7824	33957,6350	24899,692	0,0000486
CV (%)		9,55	9,11	10,13	2,87

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Pigmentos fotossintetizantes

Tabela 21. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 64 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cl a	Cl b	Cl t	Car
Condutividade elétrica da água – CEa	1	36891,98 ^{ns}	32229,00 ^{ns}	138090,28 ^{ns}	305,14 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	48727,73 ^{ns}	15938,53 ^{ns}	110917,54 ^{ns}	3042,70 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	51345,08 ^{ns}	31198,24 ^{ns}	135952,60 ^{ns}	4193,88 ^{ns}
Blocos	2	3071,84 ^{ns}	783,63 ^{ns}	1576,21 ^{ns}	536,62 ^{ns}
Resíduo	38	33316,25	25304,25	101677,67	2269,58
CV (%)		50,5	94,9	60,2	54,5

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 22. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 124 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cl a	Cl b	Cl t	Car
Condutividade elétrica da água – CEa	1	4958,52 ^{ns}	1762,32 ^{ns}	808,62 ^{ns}	58,18 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	75640,11 ^{ns}	19983,07 ^{ns}	147185,27 ^{ns}	1420,76 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	74876,87 ^{ns}	25114,02 ^{ns}	153744,23 ^{ns}	2510,53 ^{ns}
Blocos	2	43796,94 ^{ns}	228,91 ^{ns}	43609,62 ^{ns}	1850,73 ^{ns}
Resíduo	38	61416,32	17584,98	130354,87	1774,02
CV (%)		42,74	64,24	45,92	57,17

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 23. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 184 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cl a	Cl b	Cl t	Car
Condutividade elétrica da água – CEa	1	25730,493 ^{ns}	1990,5926 ^{ns}	42034,561 ^{ns}	15257,7*
Combinações de adubação – CA	9	7362,2862 ^{ns}	5682,7384 ^{ns}	24460,158 ^{ns}	1668,02 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	39627,229 ^{ns}	3458,9056 ^{ns}	54676,517 ^{ns}	4844,55 ^{ns}
Blocos	2	1121,3273 ^{ns}	2273,4907 ^{ns}	6583,5344 ^{ns}	193,070 ^{ns}
Resíduo	38	45945,01054	7017,501610	79137,1752	3307,463
CV (%)		26,96	43,21	28,45	38,65

^{ns, *, **}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 24. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 244 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cl a	Cl b	Cl t	Car
Condutividade elétrica da água – CEa	1	116301,432*	11680,7790*	201697,577*	163,070 ^{ns}
Combinações de adubação – CA	9	34647,384 ^{ns}	4477,4399 ^{ns}	62916,304 ^{ns}	1766,03 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	22035,156 ^{ns}	2768,3947 ^{ns}	36352,844 ^{ns}	910,624 ^{ns}
Blocos	2	8021,4853 ^{ns}	2661,2120 ^{ns}	19522,810 ^{ns}	615,098 ^{ns}
Resíduo	38	20675,55713	2626,035779	36381,86913	874,7805
CV (%)		30,6	34,82	30,95	33,10

^{ns,*,**}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 25. Resumo das análises de variância referentes ao teor de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl t) e carotenoides (Car) da aceroleira irrigada com águas salinas e submetida a diferentes combinações de adubação (CA) com NPK, aos 364 dias após a poda, no segundo ano de cultivo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Cl a	Cl b	Cl t	Car
Condutividade elétrica da água – CEa	1	214281,19**	25337,212**	398168,17**	3171,17*
Combinações de adubação – CA	9	14648,486 ^{ns}	4412,6622 ^{ns}	17051,647 ^{ns}	392,259 ^{ns}
Interação (CEa × CA)	9	18679,59 ^{ns}	2925,4025 ^{ns}	44655,905 ^{ns}	958,633 ^{ns}
Blocos	2	7014,0624 ^{ns}	65,66967 ^{ns}	57615,397 ^{ns}	178,253 ^{ns}
Resíduo	38	16296,0840	2737,048570	35495,0752	832,0505
CV (%)		26,35	34,44	29,03	36,49

^{ns,*,**}: não significativo e significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

ANEXO C – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO E ÁGUA

Resultados das avaliações dos atributos químicos do solo a partir do extrato de saturação e extrato 1:2,5 do solo, durante período de condução do experimento

Tabela 26. Atributos químicos do solo, analisados a partir da coleta e análise do extrato de saturação do solo, em novembro de 2021.

-----dS m ⁻¹ -----		-----mmolc L ⁻¹ -----				(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%
CEa	CEes	Ca	Mg	Na	K	RAS	Na
0,6	1,2	0,35	0,61	3,14	0,94	4,51	63,05
4,0	4,7	1,28	2,40	19,28	1,67	14,39	78,40

Valores médios referentes a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes); teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K); percentagem de sódio (%Na) e sódio trocável (%PST); razão de adsorção do sódio (RAS).

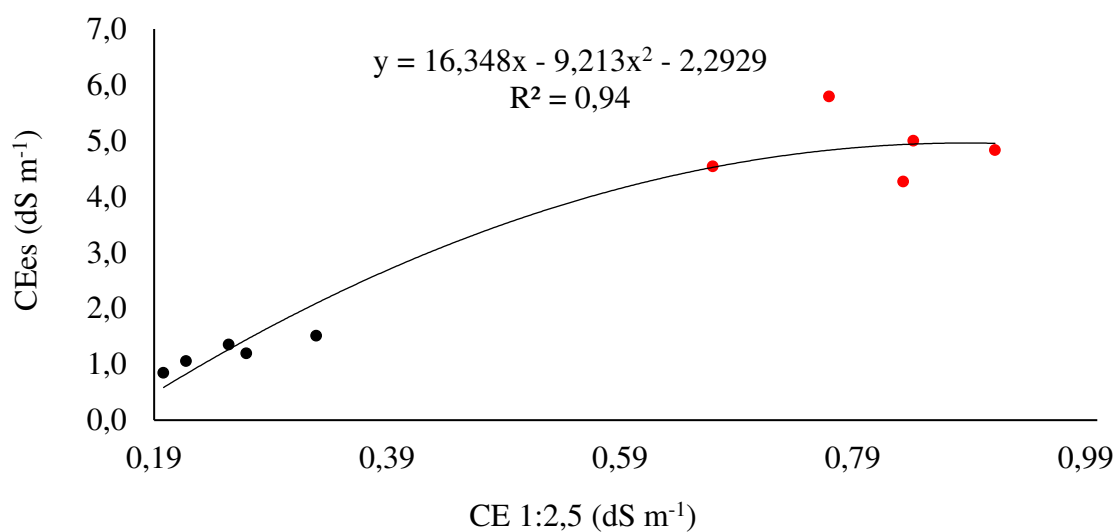


Figura 1. Relação entre as condutividades elétricas do extrato de saturação (CEes) e extrato 1:2,5 (CE 1:2,5) do solo cultivados com aceroleira sob irrigação com diferentes condutividades elétricas da água (CEa • 0,6 dS m⁻¹ e • 4,0 dS m⁻¹), em novembro de 2021.

Resultados das avaliações das condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), durante período de condução do experimento

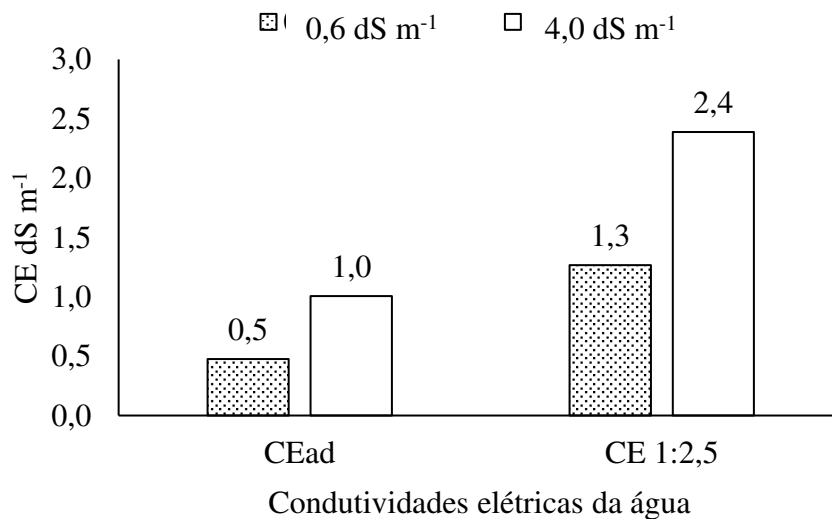


Figura 2. Condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), referente a avaliação realizada em maio/2022.

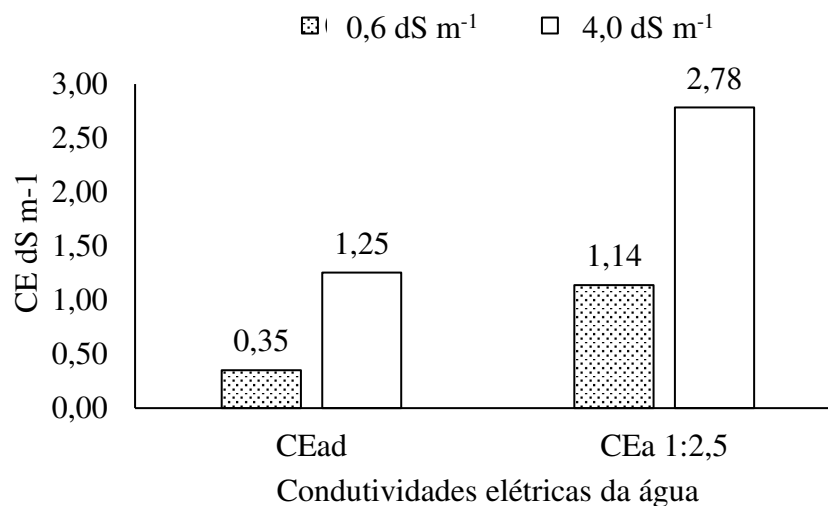


Figura 3. Condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), referente a avaliação realizada em agosto/2022.

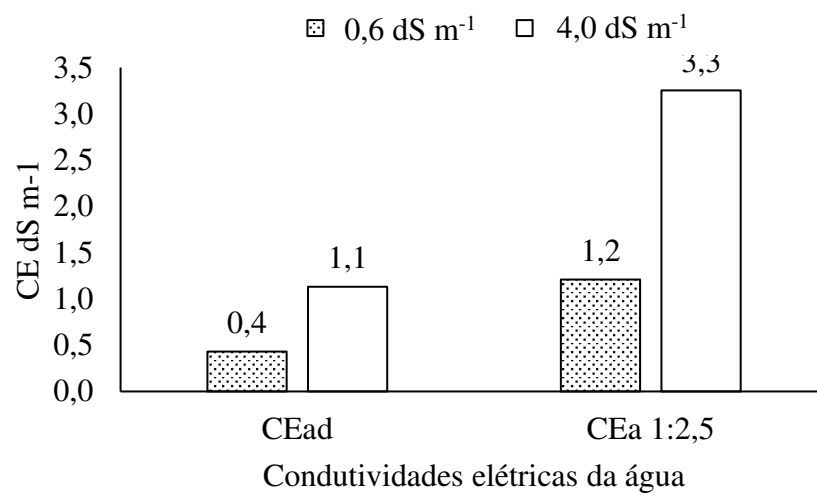


Figura 4. Condutividades elétricas da água drenada (CEad) e em extrato 1:2,5 do solo (CE 1:2,5), referente a avaliação realizada em novembro/2022.