



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

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO A
SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

FRANCISCO JEAN DA SILVA PAIVA

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO DE 2024

FRANCISCO JEAN DA SILVA PAIVA

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO A
SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito obrigatório para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de concentração de Irrigação e Drenagem.

Orientadores: Prof^a. Dra. Vera Lúcia A. de Lima

Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2024

P149t Paiva, Francisco Jean da Silva.
Tolerância de genótipos de maracujazeiro-azedo a salinidade da água de irrigação sob adubação potássica / Francisco Jean da Silva Paiva. – Campina Grande, 2024.
166 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.
"Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia A. de Lima, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".
Referências.

1. Maracujá (*Passiflora edulis Sims.*) – Cultura. 2. Estresse Abiótico. 3. Salinidade. 4. Nutrição de Plantas. 5. Adubação Potássica. 6. Variabilidade Genética. 7. Irrigação e Drenagem. I. Lima, Vera Lúcia A. de. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.776.3(043)

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



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

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

FRANCISCO JEAN DA SILVA PAIVA

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE
MARACUJAZEIRO-AZEDO A SALINIDADE DA
ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOB ADUBAÇÃO
POTÁSSICA**

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

Aprovada em: 29/02/2024

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

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

Hans Raj Gheyi - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Lauriane Almeida dos Anjos Soares - Examinador(a) Externo(a) - CCTA/UFCG

Mariana de Oliveira Pereira - Examinador(a) Externo(a) - UEM



Documento assinado eletronicamente por **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-VISITANTE**, em 08/03/2024, às 08:41, 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 **LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/03/2024, às 09:05, 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 09/03/2024, às 09:06, 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 **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 11/03/2024, às 08:00, 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(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/03/2024, às 10:16, 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 **Mariana de Oliveira Pereira, Usuário Externo**, em 03/04/2024, às 16:24, 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 **4270487** e o código CRC **88DFD1C0**.

Aos meus avós maternos, Maria Pereira e Francisco Agostinho (*In memorian*) e a minha Tia, Francinete Silva (*In memorian*), que em vida sempre apoiaram minha trajetória acadêmica, me incentivando a nunca desistir dos estudos.

Vocês estarão sempre comigo.

Eternas Saudades!

MINHA HOMENAGEM

Aos meus pais, Francineide e João Evangelista, e aos meus irmãos, Georgio, Jeane e Janikely, pelo apoio, carinho e cuidado, não somente na trajetória acadêmica como em toda a minha vida pessoal.

OFEREÇO

Aos meus sobrinhos, Estephanie, Raissa, Heitor, Luís Gabriel e Melissa, presentes de Deus e motivo de alegria e inspiração para que eu nunca desistisse. A minha namorada, Rafaela Torres, por todo o apoio, amor e companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela saúde e por nunca me deixar faltar forças para seguir em frente, por toda proteção divina e pelo livramento de todos os males.

Aos meus pais, Francineide e João Afonso, aos meus irmãos, Georgio, Jeane e Janikely, sobrinhos, avós, tios, primos, e todos os demais familiares que, de fato contribuíram para com que essa conquista fosse possível.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial, à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, Ciência e Tecnologia (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A minha orientadora, prof^a. Dra. Vera Antunes, por todo apoio necessário durante toda esta trajetória. A senhora é luz, gratidão!

Aos meus orientadores e amigos, Prof. Dr. Geovani Soares e Prof^a. Dra. Lauriane Almeida, pela orientação, dedicação, paciência e apoio não somente em minha vida acadêmica, como também em minha vida pessoal. Obrigado por nunca me deixarem faltar os recursos necessários para o bom rendimento acadêmico durante todo o período de pós-graduação. Os senhores são verdadeiros exemplos a serem seguidos.

A minha namorada, Rafaela Torres, por todo o amor, companheirismo, paciência, e apoio, por estar sempre comigo, mesmo nos dias difíceis desta caminhada. Eu Te Amo!

Aos amigos e colegas que de alguma maneira contribuíram para que essa conquista fosse possível, agradeço imensamente a cada um de vocês, sintam-se citados e abraçados, em especial, aos que estiveram comigo diariamente. Saibam que podem contar comigo sempre.

A todos os funcionários, professores e servidores dos diversos setores, em especial, os que tive contato direto e que contribuíram com minha trajetória, seja nos ambientes de aula, laboratório ou na fazenda experimental durante a condução da pesquisa.

Aos membros da banca de avaliação, pela disposição para avaliação do trabalho e pelas contribuições de melhoria do trabalho.

A todos, o meu muito obrigado!

Sumário

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO GERAL	xvi
GENERAL ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	20
1. INTRODUÇÃO GERAL	21
2. OBJETIVOS.....	24
2.1. Objetivo geral	24
2.2. Objetivos específicos	24
3. REVISÃO DE LITERATURA	25
3.1. Aspectos gerais da cultura	25
3.2. Características edafoclimáticas do semiárido brasileiro.....	29
3.3. Efeitos da salinidade sobre as plantas, solo e sistemas de irrigação.....	30
3.4. Tolerância do maracujazeiro-azedo ao estresse salino	33
3.5. Adubação potássica como atenuante do estresse salino	34
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO II - PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS, TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADOS SOB ESTRESSE SALINO.....	46
RESUMO	47
1. INTRODUÇÃO	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4. CONCLUSÕES.....	74
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
CAPÍTULO III - IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS NO CULTIVO DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	81
RESUMO	82
1. INTRODUÇÃO	84
2. MATERIAL E MÉTODOS	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91

4. CONCLUSÕES.....	101
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

CAPÍTULO IV - COMPOSIÇÃO MINERAL DE MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADO SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA..... 106

RESUMO	107
--------------	-----

1. INTRODUÇÃO	109
2. MATERIAL E MÉTODOS	111
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	116
4. CONCLUSÕES.....	125
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126

CAPÍTULO V - PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA..... 130

RESUMO	131
--------------	-----

1. INTRODUÇÃO	133
2. MATERIAL E MÉTODOS	135
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	141
4. CONCLUSÕES.....	150
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151

CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 156

APÊNDICES	159
-----------------	-----

LISTA DE TABELAS

Capítulo II - Pigmentos fotossintéticos, trocas gasosas e eficiência fotoquímica de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob estresse salino Pág.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (profundidade 0 - 0,20 m) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	53
Tabela 2. Características químicas da água de menor salinidade utilizada no experimento.....	54
Tabela 3. Consumo hídrico por planta de maracujazeiro-azedo do 2º aos 160 dias após o transplântio em função da CEa de irrigação.....	55
Tabela 4. Autovalores, porcentagem de variância total explicada na análise de variância multivariada (MANOVA) probabilidade de significância pelo teste de Hotelling ($p \leq 0,05$) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), genótipos de maracujazeiro-azedo (GEN) e interação CEa \times GEN, e os coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.....	59
Tabela 5. Resumo das análises de variâncias referentes a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob salinidade da água de irrigação, aos 154 dias após o transplântio.....	67
Tabela 6. Resumo das análises de variâncias referentes à fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência máxima após a adaptação à luz saturante (F_{ms}), eficiência quântica potencial do fotossistema II (Y) e temperatura foliar (LTemp) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob salinidade da água de irrigação, aos 154 dias após o transplântio.....	70

Capítulo III – Irrigação com águas salinas no cultivo de genótipos de maracujazeiro-azedo no semiárido brasileiro

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (profundidade 0 - 0,20 m) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	87
---	----

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (% EE), condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), concentração intercelular de CO ₂ (<i>Ci</i>), e taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob condutividade elétrica da água de irrigação, aos 154 dias após o transplântio.....	91
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente à eficiência instantânea da carboxilação (<i>EiCi</i>), eficiência intrínseca no uso da água (<i>EiUA</i>), aos 154 dias após o transplântio (DAT), número de frutos (NF), produção por planta (PROD) e peso médio de frutos (PMF) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob condutividade elétrica da água de irrigação, aos 160 dias após o transplântio.	96

Capítulo IV - Composição mineral de maracujazeiro-azedo cultivado sob irrigação com águas salinas e adubação potássica

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (profundidade 0 - 0,20 m) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	112
Tabela 2. Características químicas da água de menor salinidade utilizada no experimento.....	114
Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada na análise de variância multivariada (MANOVA), probabilidade de significância pelo teste de Hotelling ($p \leq 0,05$) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), doses de potássio (DK) e interação CEa \times DK, e os coeficientes de correlação (<i>r</i>) entre variáveis originais e os componentes principais.....	117
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente aos teores de nitrogênio foliares (<i>N_{Foliar}</i>), cloreto no caule (<i>Cl_{Caulinar}</i>), fósforo no caule (<i>P_{Caulinar}</i>) e nas folhas (<i>P_{Foliar}</i>), enxofre no caule (<i>S_{Caulinar}</i>) e nas folhas (<i>S_{Foliar}</i>) de plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ cultivado sob salinidade da água de irrigação (CE) e adubação potássica (DK), aos 160 dias após o transplântio.....	121

Capítulo V - Produção e qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e adubação potássica

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (profundidade 0 - 0,20 m) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	136
Tabela 2. Características químicas da água de menor salinidade utilizada no experimento.....	138
Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada na análise de variância multivariada (MANOVA), probabilidade de significância pelo teste de Hotelling ($p \leq 0,05$) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), doses de potássio (DK) e interação CEa \times DK, e os coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.....	141
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente a acidez titulável (AT), açúcares totais (A), rendimento de polpa (RP) e relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de polpa de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ cultivado sob salinidade da água de irrigação e adubação potássica, aos 160 dias após o transplântio.....	146

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I – Contextualização da pesquisa	Pág.
Figura 1. Série histórica (2013 – 2022), área destinada à colheita – hectares (A) e quantidade produzida – toneladas (B) de maracujá no Brasil.....	27
Figura 2. Série histórica (2013 – 2022), produção por região brasileira (A) e rendimento médio da produção (B) de maracujá no Brasil.....	28
Figura 3. Quantidade produzida (toneladas) de maracujá entre os estados da região Nordeste do Brasil, no ano de 2022.....	29
Capítulo II - Pigmentos fotossintéticos, trocas gasosas e eficiência fotoquímica de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob estresse salino	

Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022)	51
Figura 2. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores níveis condutividade elétrica da água – CEa e genótipos de maracujazeiro-azedo (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2)	60
Figura 3. Matriz de correlação de Pierson para as variáveis analisadas dentro dos níveis de condutividade elétrica nos genótipos ‘BRS GA1’ - Gigante Amarelo (A), ‘BRS SC1’ - Sol do Cerrado (B) e ‘SCS 437’ – Catarina (C) aos 154 dias após o transplântio.....	65
Figura 4. Fluorescência inicial – F ₀ (A) e fluorescência máxima – F _m (B) de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.....	67
Figura 5. Fluorescência variável – F _v (A) e eficiência quântica do fotossistema II – F _v /F _m (B) de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.....	69
Figura 6. Fluorescência inicial antes do pulso de saturação – F _s (A), fluorescência máxima após adaptação da luz saturante – F _{ms} (B) e eficiência quântica potencial do fotossistema II – Y (C) de genótipos de maracujazeiro-azedo em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.....	71

Capítulo III - Irrigação com águas salinas no cultivo de genótipos de maracujazeiro-azedo no semiárido brasileiro

Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022)	85
Figura 2. Conteúdo relativo de água - CRA (A) e extravasamento de eletrólitos - % EE (B) no limbo foliar de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e genótipos, aos 154 dias após o transplântio.....	92

Figura 3. Condutância estomática – g_s (A), transpiração – E (B), taxa de assimilação de CO_2 – A (C) de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, e concentração intercelular de CO_2 – C_i (D) em função da interação entre os níveis de CEa e genótipos, aos 154 dias após o transplântio.....	94
Figura 4. Eficiência instantânea da carboxilação – $EiCi$ (A) e eficiência intrínseca no uso da água – $EiUA$ (B) de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.....	97
Figura 5. Número de frutos de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivado sob salinidade da água de irrigação – CEa (A) e produção por planta - PROD, em função da interação entre os níveis de CEa e genótipos de genótipos de maracujazeiro-azedo (B).....	98
Figura 6. Produção relativa dos genótipos de maracujazeiro-azedo: BRS Gigante Amarelo (A), BRS Sol do Cerrado (B), e SCS 437 Catarina (C), em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa descrito pelo modelo matemático de platô de Maas e Hoffman (1977)	99

Capítulo IV - Composição mineral de maracujazeiro-azedo cultivado sob irrigação com águas salinas e adubação potássica

Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima ($^{\circ}C$), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022)	111
Figura 2. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores níveis condutividade elétrica da água – CEa e doses de potássio – DK de maracujazeiro-azedo (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2)	118
Figura 3. Teores de nitrogênio foliares – N_{Foliar} (A) e cloreto no caule – $Cl_{Caulinar}$ (B), de plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplântio.....	122

Figura 4. Teores de fósforo foliares – P_{Caulinar} (A) e no caule – P_{Foliar} (B), de plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplântio.....	123
--	-----

Capítulo V - Produção e qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e adubação potássica

Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022)	135
---	-----

Figura 2. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores níveis condutividade elétrica da água – CEa e genótipos de maracujazeiro-azedo (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2)	143
--	-----

Figura 3. Acidez titulável – AT (A) e açúcares totais – A (B), de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplântio.....	147
--	-----

Figura 4. Relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável - SS/AT (A) e rendimento de polpa (B) de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplântio.....	149
---	-----

Paiva, F. J. da S. **Tolerância de genótipos de maracujazeiro-azedo a salinidade da água de irrigação sob adubação potássica.** 2024. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO GERAL

A região semiárida do Brasil se destaca na produção de maracujazeiro-azedo, contudo, nestas áreas é comum na irrigação o uso de águas com elevados teores de sais, que é fator responsável pela limitação no crescimento, desenvolvimento e produção das culturas. Nesse sentido, o uso de estratégias de manejo, como a complementação da adubação potássica e a utilização de genótipos tolerantes à salinidade são técnicas que podem otimizar a produção da cultura nessas regiões. Por isso, objetivou-se avaliar a tolerância de genótipos de maracujazeiro-azedo à salinidade da água de irrigação sob adubação potássica em condições do semiárido Paraibano. A pesquisa constituiu-se de duas etapas, desenvolvidas em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condições de campo, na fazenda experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, São Domingos, Paraíba. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em ambos os experimentos. Na primeira etapa foi adotado o esquema fatorial 5×3 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1}) e três genótipos de maracujazeiro-azedo (Gigante Amarelo – ‘BRS GA1’; Sol do Cerrado – ‘BRS SCS1’ e Catarina – ‘SCS 437 Catarina’). Na segunda etapa, foi utilizado o genótipo BRS Sol do cerrado (por ter sido o que apresentou maior tolerância ao estresse salino na primeira etapa), adotando o esquema fatorial 5×4 , sendo os mesmos níveis de CEa de irrigação da etapa I, e quatro doses de potássio - DK (60; 80; 100 e 120% da recomendação de K_2O). Os dados permitiram concluir que, a salinidade da água a partir de 0,3 dS m^{-1} reduziu o conteúdo relativo de água, as trocas gasosas e elevou o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar, aos 154 dias após o transplântio. Os genótipos ‘BRS Gigante Amarelo’, ‘BRS Sol do Cerrado’, e ‘SCS 437 Catarina’ foram classificados como sensíveis ao estresse salino, sendo os níveis de salinidade limiar da água de 0,3; 1,0 e 0,3 dSm^{-1} , respectivamente. O incremento da salinidade da água de irrigação reduziu o número e a produção de frutos por planta dos genótipos. O genótipo ‘BRS Sol do Cerrado’ apresentou a menor redução da produção relativa em função do incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação, também foi constatado aumento nos teores de sódio e cloreto no caule e folhas das plantas de

maracujazeiro-azedo com o incremento nos níveis de CEa. Além disso, os teores de nutrientes nas folhas e caules variaram seguindo a mesma ordem de concentração $N > Cl > P > Na > K$, em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 160 dias após o transplântio. Quanto a qualidade pós-colheita, a irrigação com água com condutividade elétrica de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ associada a adubação de 60 e 80% de K_2O , aumentou o teor de sólidos solúveis totais e o teor de ácido ascórbico nos frutos de maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado'.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims; estresse abiótico; nutrição de plantas

Paiva, F. J. da S. **Tolerance of sour passion fruit genotypes to salinity of irrigation water under potassium fertilization.** 2024. 166 f. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

GENERAL ABSTRACT

The semi-arid region of Brazil stands out in the production of passion fruit, however, in these areas it is common to use water with high salt content in irrigation, which is a factor responsible for limiting the growth, development and production of crops. In this sense, the use of management strategies, such as supplementing potassium fertilization and the use of salinity-tolerant genotypes, are techniques that can optimize crop production in these regions. Therefore, the objective was to evaluate the tolerance of passion fruit genotypes to the salinity of irrigation water under potassium fertilization in semi-arid conditions in Paraíba. The research consisted of two stages, developed in vessels adapted as drainage lysimeters under field conditions, at the experimental farm of the Center for Agro-Food Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, São Domingos, Paraíba. A randomized block design was used in both experiments. In the first stage, the 5 × 3 factorial scheme was adopted, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - EC_w (0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹) and three genotypes of sour passion fruit (Gigante Amarelo - 'BRS GA1'; Sol do Cerrado - 'BRS SCS1' and Catarina - 'SCS 437 Catarina'). In the second stage, the BRS Sol do cerrado genotype was used (as it was the one that showed the greatest tolerance to saline stress in the first stage), adopting the 5 × 4 factorial scheme, with the same irrigation EC_w levels as in stage I, and four doses of potassium - KD (60; 80; 100 and 120% of the K₂O recommendation). The data allowed us to conclude that water salinity from 0.3 dS m⁻¹ reduced the relative water content, gas exchanges and increased electrolyte extravasation in the leaf blade, 154 days after transplanting. The genotypes 'BRS Gigante Amarelo', 'BRS Sol do Cerrado', and 'SCS 437 Catarina' were classified as sensitive to saline stress, with threshold water salinity levels of 0.3, 1.0, and 0.3 dSm⁻¹, respectively. Increasing the salinity of irrigation water reduced the number and production of fruits per plant of the genotypes. The genotype 'BRS Sol do Cerrado' showed the smallest reduction in relative production due to the increase in salinity levels of the irrigation water. An increase in sodium and chloride levels was also observed in the stem and leaves of the sour passion fruit plants with the increase in EC_w levels. Furthermore, the nutrient contents in the leaves and stems varied

following the same order of concentration $N > Cl > P > Na > K$, depending on the increase in the electrical conductivity of the irrigation water, at 160 days after transplanting. Regarding post-harvest quality, irrigation with water with electrical conductivity of 2.7 dS m^{-1} associated with fertilization of 60 and 80% K_2O increased the total soluble solids content and the ascorbic acid content in the sour passion fruit 'BRS Sol do Cerrado'.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims; abiotic stress; plant nutrition

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO GERAL

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma fruteira de grande importância para a região Nordeste do Brasil, que têm se destacado, principalmente, entre os pequenos e médios produtores, cujos tratamentos culturais são desempenhados pela mão de obra familiar, reduzindo os custos de produção (Meletti, 2011). Apesar dos frutos serem destinados, em grande parte, para o consumo *in natura*, também são muito usados na agroindústria. Além do fruto, na planta são encontrados fitoconstituintes, ricos em alcalóides, indólicos, flavonóides, cianoglicosídeos, dentre outros, que apresentam possibilidades de obtenção de novos fármacos para uso no combate e tratamento de doenças (Bezerra et al., 2013; Costa, 2017).

O Brasil no ano de 2022, produziu 697.859 mil toneladas de frutos de maracujá, sendo 486.893 t oriundas da região Nordeste, o que corresponde a quase 70% de toda a produção nacional. Entretanto, o Nordeste brasileiro apresenta rendimento médio de 14.766 kg ha⁻¹, que é inferior às demais regiões produtoras do país, como as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, que possuem rendimentos médios de 21.228; 17.512 e 17.214 kg ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2024).

O baixo rendimento produtivo do maracujazeiro-azedo no Nordeste brasileiro pode estar relacionado ao fato de que, a maior porção desta região é classificada como clima semiárido, caracterizada por sua variação agroclimática, sendo comum a ocorrência de baixos índices pluviométricos, distribuídos de maneira irregular no espaço e no tempo, além da predominância de altas temperaturas, resultando em elevada taxa de evapotranspiração em grande parte do ano, afetando a disponibilidade de água para uso agrícola (Lima et al., 2018a; Bezerra et al., 2019).

As condições adversas impostas pelas características climáticas destas áreas, muitas das vezes forçam os produtores a utilizarem na irrigação, águas com elevados teores de sais. Contudo, o uso desse tipo de água pode ocasionar efeitos negativos nas relações solo-água-planta, através da redução do potencial osmótico do solo, limitando a absorção de água e nutrientes, o crescimento, o desenvolvimento, além do potencial produtivo das culturas agrícolas (Mguis et al., 2012).

O excesso de sais ocasiona distúrbios de ordem fisiológica, a exemplo da desnaturação proteica, desestabilização de membranas, inibição da fotossíntese, respiração celular, além de desequilíbrio nutricional, provocando danos variáveis que podem reduzir bastante o rendimento das plantas, cuja dimensão depende de alguns

fatores, como o tempo de exposição e a concentração de íons, a tolerância das plantas, as condições edafoclimáticas, o manejo da adubação e o uso da água pelas culturas (Munns, 2002; Farooq et al., 2015; Dias et al., 2016; Taiz et al., 2017).

Dentre as estratégias de manejo utilizadas no uso de água salina, têm-se a adubação mineral, destacando-se a adubação potássica como possível atenuante do estresse salino. Pois, sob condições de salinidade, o potássio contribui na manutenção da homeostase iônica e melhora a defesa antioxidante da planta, atenuando o estresse oxidativo, pela redução da formação de espécies reativas de oxigênio (Silva Júnior et al., 2013; Hasanuzzaman et al., 2018).

Assim, o potássio exerce ação positiva em diversos processos fisiológicos das plantas, na osmorregulação, abertura e fechamento estomático, atua na ativação enzimática, assimilação de carbono, fotossíntese, síntese de proteínas, translocação de nutrientes orgânicos e inorgânicos e está envolvido no crescimento, na produção e na qualidade dos frutos de maracujazeiro (Zhang et al., 2010; Cavalcante et al., 2018).

Outro fator preponderante na produção do maracujazeiro é o uso de genótipos tolerantes às condições edafoclimáticas das áreas de cultivo no semiárido do Nordeste brasileiro (Krause et al., 2012). Estudos indicam que espécies nativas possuem genes de tolerância a estresses abióticos, os quais podem ser incorporados a variedades comerciais, obtendo-se híbridos com um nível mais alto de tolerância (Gürel et al., 2016; Pandey et al., 2017).

Entre os genótipos de maracujazeiros mais explorados comercialmente, se destacam os provenientes de seleção massal e os híbridos obtidos por programas de melhoramento, como o caso dos híbridos intravarietais (Silva et al., 2017). Contudo, poucos são os estudos com genótipos sob condições de irrigação com água salinas no Semiárido brasileiro, sendo a identificação do nível de tolerância de suma importância para o cultivo dessa espécie nesta região (Dias et al., 2017).

O uso de águas salinas na agricultura é um desafio tanto para os produtores quanto para os pesquisadores, que frequentemente desenvolvem pesquisas com finalidade de possibilitar a utilização desse recurso sem maiores danos à produção das culturas (Nascimento et al., 2015). Nesse sentido, pesquisas já foram desenvolvidas com objetivo de avaliar a adubação potássica como atenuante do estresse salino ou a seleção de cultivares tolerantes (Bezerra et al., 2016; Medeiros et al., 2016; Nunes et al., 2017; Lima et al., 2020a; Lima et al., 2021) no entanto, limitaram-se a avaliar o desempenho apenas na fase inicial da cultura, sendo escassos os trabalhos que avaliem o ciclo completo

(fisiologia, produção, qualidade pós-colheita e composição nutricional) do maracujazeiro-azedo sob condições de Semiárido Paraibano. Por isso, a hipótese desse estudo é que, a adubação potássica é uma estratégia tecnológica capaz de atenuar os efeitos do estresse salino na fisiologia, na composição mineral, na produção e na qualidade pós-colheita de genótipos de maracujazeiro-azedo irrigados com água salina sob condições de semiárido Paraibano.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a fisiologia, a composição mineral, a produção, a qualidade pós-colheita, e a tolerância de genótipos de maracujazeiro-azedo a salinidade da água de irrigação sob adubação potássica em condições de semiárido Paraibano.

2.2. Objetivos específicos

Quantificar o extravasamento de eletrólitos, o conteúdo relativo de água e os pigmentos fotossintéticos de genótipos de maracujazeiro-azedo sob salinidade da água de irrigação;

Analisar as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a*, de genótipos de maracujazeiro-azedo sob salinidade da água de irrigação;

Avaliar a produção de genótipos de maracujazeiro-azedo sob salinidade da água de irrigação;

Determinar o nível de salinidade limiar dos genótipos de maracujazeiro-azedo com base na produção relativa por planta;

Quantificar a composição mineral nos tecidos foliares e caulinar do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ irrigado com águas salinas e adubação potássica;

Avaliar a produção e qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da irrigação com águas salinas e adubação potássica.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais da cultura

O maracujazeiro-azedo é uma fruteira que pertence à família Passifloraceae, cujo gênero *Passiflora* é considerado o de maior importância econômica em todo o mundo (Silva et al., 2014), devido a sua grande versatilidade de uso e pela geração de emprego e renda nos diversos setores de produção.

A planta possui porte herbáceo, do tipo trepadeira, cujas gavinhas auxiliam no mecanismo de sustentação da parte aérea (Costa et al., 2011), apresenta hábito de crescimento indeterminado, o que torna o manejo da condução dos ramos de extrema importância, pois interfere diretamente na produtividade e qualidade dos frutos (Costa et al., 2005). A polpa do fruto tem coloração amarela intensa, devido aos carotenoides, que são precursores de vitaminas A e C, além disso, a fruta é rica em vitaminas do complexo B e minerais (Carvalho et al., 2015). A casca é rica em pectina e minerais e suas sementes são uma fonte de óleo com grande potencial para uso na alimentação animal (Alves et al., 2015).

No Brasil, o sistema de condução mais adotado é o de espaldeira vertical, pois o custo de implantação é menor que os demais, além disso, as práticas culturais, sobretudo, as mecanizadas são facilitadas (Komuro, 2008). O sistema de espaldeira vertical consiste na condução da planta em haste única até a altura da espaldeira, seguida de uma poda para a emissão de dois ramos laterais (ramos secundários), logo após os ramos laterais atingirem o comprimento desejado, é o momento da poda do meristema apical, para que surjam os ramos terciários, denominada de “cortina”, onde neles serão emitidos as flores e frutos (Cavichioli et al., 2019).

A propagação do maracujazeiro pode ser através de sementes ou por métodos assexuados, mas, a multiplicação seminífera é a mais usual para o estabelecimento dos pomares comerciais, pela facilidade de realização e o menor custo de produção das mudas, considerando, principalmente, a longevidade da cultura, que tem sido diminuída em função de problemas fitossanitários (Leonel e Pedroso, 2005).

Para que se tenha o pegamento e desenvolvimento dos frutos a flor do maracujazeiro precisa ser polinizada, esse processo é geralmente efetuado de maneira natural por abelhas que possuem porte compatível com a estrutura floral, sendo as abelhas mamangavas do gênero *Xylocopa* as principais polinizadoras (Gaglianone et al., 2010; Oliveira et al., 2014).

O maracujazeiro apresenta autoincompatibilidade genética, necessitando que a polinização das flores seja exclusivamente de forma cruzada entre as diferentes plantas distribuídas no dossel (Junqueira et al., 2001; Malerbo-Souza e Ribeiro, 2010; Krause et al., 2012). Assim, em cultivos comerciais, a polinização manual/artificial é uma prática indispensável para o aumento da produção. A polinização natural promove em média o índice de pegamento de frutos de aproximadamente 13%, enquanto a polinização artificial pode chegar a 93% (Krause et al., 2012).

O processo de polinização manual acontece através do transporte do grão de pólen de uma flor até o estigma de uma outra flor, quando polinizada e fecundada, a flor fecha o perianto e logo inicia o processo de desenvolvimento do fruto, caso não ocorra a polinização, as flores abertas murcham e caem da planta (Vieira et al., 2010; Moreno et al., 2015). O período indicado para realização da polinização é quando as flores se encontram totalmente abertas e com máxima curvatura do estilete (estrutura de reprodução), período compreendido pelas horas mais quentes do dia, entre às 13 e 15 h (Junqueira et al., 2001).

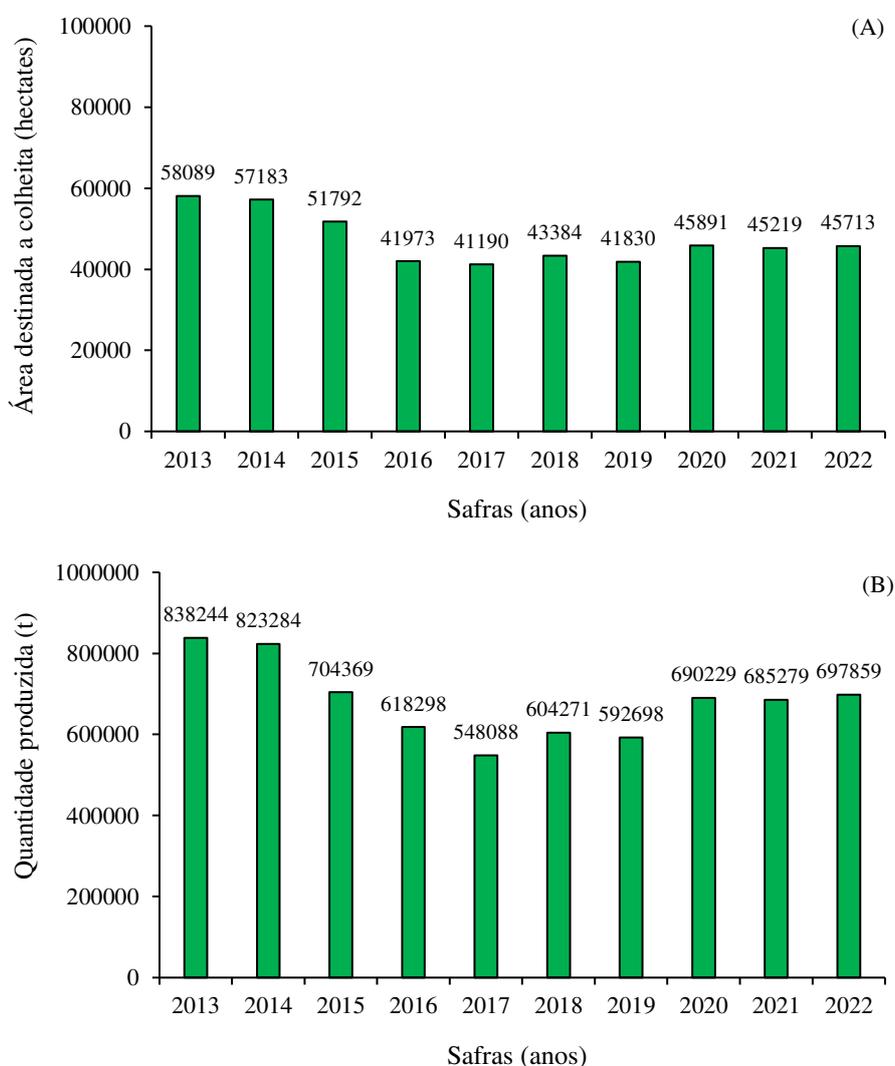
O solo ideal para o cultivo do maracujazeiro é de textura média e bom teor de nutrientes, sendo a ordem prioritária de nutrientes de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), fósforo (P) e magnésio (Mg), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu), além do cloro (Cl) e do molibdênio (Mo) (Faleiro e Junqueira, 2016).

As condições ambientais como temperatura, umidade do ar, disponibilidade hídrica, vento e luminosidade são fatores que interferem no comportamento das plantas, por exemplo, na longevidade, qualidade de frutos e produtividade da cultura (Andrade Neto et al., 2015). Ainda segundo os autores Andrade Neto et al. (2015), a faixa de temperatura média ideal para o cultivo do maracujazeiro é de 23 a 27 °C, já a quantidade de água requerida pela cultura é de 800 a 1.750 mm durante o ano de cultivo, a umidade do ar ideal em torno de 60% e a luminosidade requerida é de pelo menos 11 h por dia.

O Brasil é o maior produtor de maracujá e o maior o maior consumidor da fruta, praticamente tudo o que é produzido é consumido, sendo assim, o volume de exportação de suco concentrado, fruta fresca e produtos processados ainda é baixo (Faleiro, 2022), o Peru e o Equador ocupam a posição de maiores exportadores de suco concentrado e a Colômbia destaca-se na exportação de fruta fresca (Faleiro, 2022).

No âmbito nacional, a produção do maracujá chama atenção pela sua grande importância socioeconômica, evidenciada pelas características físico-químicas dos frutos e aceitação pelo mercado consumidor (Bezerra et al., 2016). Ao longo dos anos, a cultura tem se mostrado uma alternativa de renda para pequenos e médios produtores rurais, pelo valor dos seus frutos, contribuindo na diversificação e na renda das famílias (Santos et al., 2017).

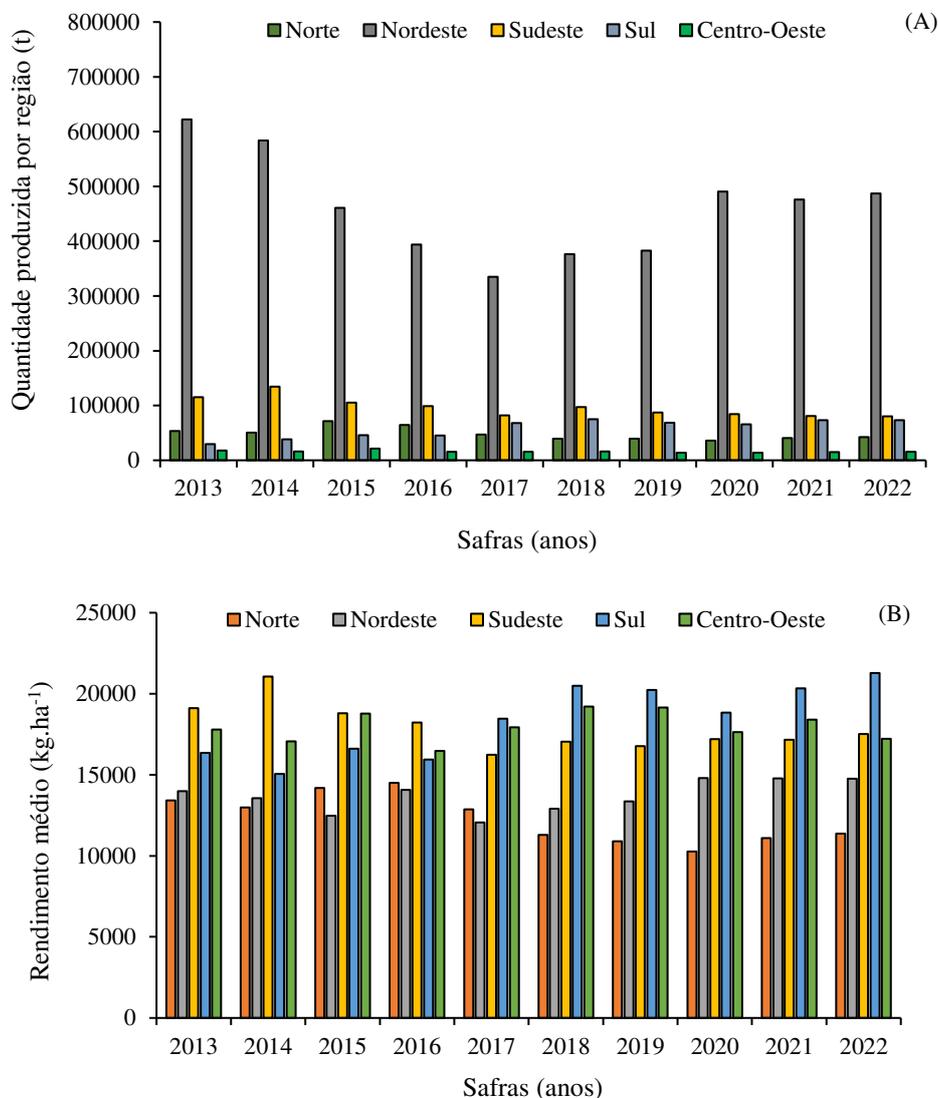
De acordo com o IBGE (2024), na série histórica dos últimos 10 anos (2013 a 2022) observa-se uma leve redução no total de área destinada para produção e na quantidade produzida de frutos entre os anos de 2013 a 2017, mas, há aumento nesses índices quando avaliados os dados de produção do período de 2018 a 2022 (Figura 1A e 1B).



Fonte: IBGE (2024) - Adaptado pelo autor

Figura 1. Série histórica (2013 – 2022), área destinada à colheita – hectares (A) e quantidade produzida – toneladas (B) de maracujá no Brasil.

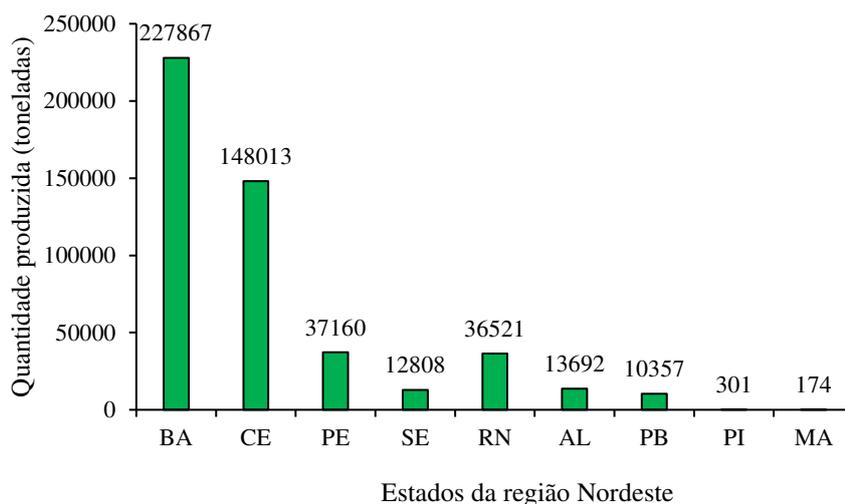
Quanto ao rendimento médio (kg ha^{-1}), apesar da região Nordeste ser responsável pela maior parte da produção em toda a série histórica (2013-2022) (Figura 2A), ela apresenta média de rendimento abaixo das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, superando apenas a região Norte (Figura 2B).



Fonte: IBGE (2024) - Adaptado pelo autor

Figura 2. Série histórica (2013 – 2022), produção por região brasileira (A) e rendimento médio da produção (B) de maracujá no Brasil.

Quanto a produção por Estado da região Nordeste, no ano de 2022, os maiores produtores foram a Bahia, seguido do Ceará, com 227.867 e 148.013 toneladas, respectivamente. A Paraíba ficou com o sétimo lugar, dentre os nove estados, com apenas 10.692 toneladas (Figura 3).



Fonte: IBGE (2024) - Adaptado pelo autor

Figura 3. Quantidade produzida de frutos de maracujá entre os estados da região Nordeste do Brasil, no ano de 2022.

3.2. Características edafoclimáticas do semiárido brasileiro

O Brasil é um país privilegiado por possuir a maior reserva de água doce do mundo. Contudo, a distribuição e a disponibilidade no território nacional ocorrem de maneira desuniforme, refletindo em contrastes associados ao processo de desenvolvimento nacional, bem como as desigualdades sociais e regionais (Nogueira et al., 2020).

No país, cerca de 70% da disponibilidade hídrica encontra-se na Amazônia, (sendo que a região registra em torno de apenas 7% de toda a população nacional), 15% na região Centro-Oeste estão, 6% nas regiões Sul e Sudeste e apenas 3% no Nordeste, sendo destes, 2/3 localizados na bacia do rio São Francisco (Suassuna, 2004).

Dos Estados nordestinos, metade deles possuem mais de 85% de seu território classificado como clima semiárido, em números, a região Semiárida brasileira compreende um total de 1,3 milhão de km² e abrange 1.262 municípios nos nove estados do Nordeste e Norte do estado de Minas Gerais (SUDENE, 2017; ASABRASIL, 2021).

Nessa região, as características climáticas são bastante específicas, com temperaturas predominantemente altas, com média anual acima de 25 °C (máxima podendo alcançar os 40 °C); variações espaciais e temporais do período chuvoso (280 a 800 mm ano⁻¹), caracterizadas por se concentrarem em um curto período (de três a quatro meses do ano) e escassez hídrica, ocasionada pelo potencial de evapotranspiração ser

maior que o de precipitação, fenômeno caracterizado pela predominância de uma massa de ar quente e seco durante boa parte do ano (Araújo, 2011; Lima et al., 2018a; Lucena et al., 2018).

Como é grande a limitação quantitativa das águas superficiais, em geral, os produtores recorrem ao uso de águas subterrâneas para atividade agrícola, no entanto, Ribeiro et al. (2009) pontuam que, em regiões de clima semiárido, existe uma tendência de acúmulo de sais nas águas subterrâneas, liberados dos minerais do material de origem. De acordo com Medeiros (1992), as águas disponíveis para uso na irrigação na região Nordeste do Brasil são caracterizadas pela predominância de cloretos, especialmente, sódio, cálcio e magnésio, na proporção 7:2:1 mmol_c L⁻¹, respectivamente.

3.3. Efeitos da salinidade sobre as plantas, solo e sistemas de irrigação

O estresse é caracterizado como sendo um fenômeno responsável por ser negativo para o desempenho, a eficiência biológica e o potencial produtivo das culturas (Borém e Ramalho, 2011). Existem diversos tipos de estresses, que em grande parte, são responsáveis pela redução entre o potencial de produção e a produtividade da lavoura (Cavatte et al., 2018). Além disso, podem ser causados por agentes bióticos, como o ataque de pragas e doenças, danos mecânicos ou também por fatores abióticos, sendo os mais comuns, estresse hídrico, térmico e salino.

Quando presente em elevadas quantidades, os sais promovem redução do potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas, induzindo modificações fisiológicas que comprometem o crescimento, o desenvolvimento e a produção das culturas (Freire et al., 2014; Iqbal et al., 2014).

Em relação as plantas, o estresse salino apresenta duas fases distintas, a osmótica e a iônica, sendo a fase osmótica caracterizada pela inibição da absorção de água pelas raízes das plantas com efeito semelhante ao déficit hídrico, já a fase iônica está diretamente relacionada com a absorção de íons tóxicos, principalmente, de Na⁺ e Cl⁻ (Munns e Tester, 2008; Vieira et al., 2020).

O efeito osmótico refere-se ao nível de potencial hídrico em que a planta não dispõe de força de sucção o suficiente para superar o potencial osmótico do solo, não conseguindo absorver a solução do solo (Dias et al., 2016). Mediante a limitação hídrica imposta pelo excesso de sais, sucessivas reações de mecanismos prejudiciais são iniciadas pelas plantas, como o rápido fechamento estomático e a redução da captação de CO₂,

causando danos aos aparelhos fotossintéticos, além do acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Amorim et al., 2010; Alves et al., 2011; Sá et al., 2015).

A redução no potencial osmótico ocasiona prejuízos para o crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo a restrição do crescimento um dos mais notáveis, causado pela inibição da divisão e alongamento celular, restringindo o crescimento primário, secundário e da expansão da área foliar (Lira, 2016; Azevedo et al., 2017).

A fase iônica é ocasionada, sobretudo, pelos íons cloro, sódio e boro, contudo, outros elementos, como ferro, manganês, cobre, zinco, níquel, molibdênio são tóxicos às plantas, mesmo em pequenas concentrações (Dias et al., 2016). Os problemas de toxicidade iônica são decorrentes do acúmulo excessivo de íons nos tecidos das plantas, que inicialmente há o desbalanceamento osmótico celular e, em seguida, a toxidez iônica, provocando danos ao citoplasma, refletidos nas bordaduras e no ápice das folhas mais velhas, região de maior o acúmulo desses íons (Dias et al., 2016).

O estresse salino afeta também a distribuição iônica através da membrana plasmática das células das raízes, ocasionando desequilíbrios nutricionais e citotoxicidade causada pelo estresse oxidativo (Isayenkov e Maathuis, 2019) pelo aumento no acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) nos tecidos vegetais, afetando de forma negativa a fotossíntese e a síntese de proteínas (Shalaby et al., 2023). Aumentos nas concentrações de íons Na^+ e Cl^- na solução do solo restringem o fornecimento de nutrientes, criando as relações extremas entre Na^+/Ca^{2+} , Na^+/K^+ , Ca^{2+}/Mg^{2+} e Cl^-/NO_3^- (Tiwari et al., 2023).

Dentre os fatores estudados para caracterizar os efeitos dos sais na planta, uma grande atenção deve ser dada ao desequilíbrio nutricional, pois, elevadas concentrações de íons específicos, sobretudo, sódio e cloro, podem provocar nas plantas deficiência de nutrientes, como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrogênio (Lauchli e Epstein, 1990; Dias et al., 2016).

Entretanto, o grau de dano promovido pela salinidade do solo e da água nas plantas é variável, estando relacionado à fatores, como a espécie, genótipo, natureza catiônica e/ou aniônica, intensidade e duração do estresse, manejo de irrigação e adubação e estágio de desenvolvimento da cultura (Lima et al., 2016).

Quanto a tolerância à salinidade, as plantas são divididas em dois grupos: halófitas e glicófitas. Plantas halófitas são potencialmente mais tolerantes às condições do estresse salino, pois possuem estratégias mais eficientes na convivência com o excesso de sais, já

as glicófitas são sensíveis, com uma alta variabilidade entre espécies e cultivares, em função dos mecanismos de tolerância que cada uma apresenta (Silva et al., 2018).

No solo, os problemas pelo excesso de sais podem ser ocasionados por fatores naturais (salinização primária) ou pela ação antrópica (salinização secundária), acometida, principalmente, pelo uso excessivo de fertilizantes e/ou manejo inadequado da irrigação, pois à medida em que a água é aplicada, ocorre o acúmulo de sais na superfície e no perfil do solo, podendo o tornar salino, salino sódico ou sódico (Cavalcante et al., 2016).

Os danos ocasionados pelo acúmulo de sais no solo estão em função da natureza e quantidade dos íons, que quando em excesso interferem nas características físico-químicas do solo, como na dispersão da argila, tendo efeito direto nas propriedades hidrodinâmicas, sobretudo, na estrutura, no desenvolvimento das raízes, na absorção de água pelas plantas e na condutividade hidráulica do solo, dificultando a infiltração da água e reduzir o oxigênio do solo (Lauchli e Epstein, 1990; Matos et al., 2014; Ferreira et al., 2016).

Em solos que não são afetados por sais e com algum teor de matéria orgânica, os cátions trocáveis, tais como Ca^{2+} e Mg^{2+} promovem a ligação entre as partículas de argila aos ácidos húmicos da matéria orgânica, formando os microagregados estáveis, que são a base para as características físicas do solo, como a estrutura, porosidade e drenabilidade, já sob condições de altas concentrações de sódio os íons cálcio e magnésio adsorvidos no complexo de troca são substituídos, promovendo a dispersão das partículas do solo (Machado e Serralheiro, 2017).

Outro efeito da alta concentração de sódio no solo é o aumento do pH (alcalinização) decorrente da presença de HCO_3^- e CO_3^{2-} , existindo assim, uma relação linear entre a porcentagem de sódio trocável e o pH do solo (Khajanchi e Meena, 2008; Machado e Serralheiro, 2017).

Além dos efeitos sobre as plantas e solo, a salinidade da água também pode ocasionar danos aos sistemas de irrigação, especialmente, na irrigação localizada, como o gotejamento e a microaspersão. Dentre os principais grupos de contaminantes estão os sais minerais em solução, pelos íons; sódio, cálcio, carbonatos, bicarbonatos sulfatados, boro, potássio, cloretos, dentre outros (López Aguado, 1992). O excesso de sais pode gerar a obstrução de emissores, quando existe interação entre os íons que promovem a precipitação química por íons, em especial, os carbonatos de cálcio e/ou de magnésio (Mélo, et al., 2008; Zocoler et al., 2015).

Essa obstrução resulta na diminuição da uniformidade de aplicação de água e do desempenho hidráulico dos emissores, comprometendo a eficiência do sistema de distribuição de água (Silva et al., 2012). Além disso, também altera a carga hidráulica dentro da mangueira gotejadora, podendo causar instabilidade hidráulica no sistema, necessitando de mão de obra para manutenção, elevando o custo de produção (Testezlaf, 2008; Laperuta Neto et al., 2011).

Zocoler et al. (2015), estudaram a vazão, a uniformidade de distribuição, o índice de capacidade de processo e o controle estatístico de qualidade de Shewhart do tubo gotejador RAIN BIRD XF-SDI, sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) e pressões de serviço do sistema de irrigação (59, 98, 137 e 157 kPa) constataram que os níveis de salinidade de 0,6; 1,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, provocaram entupimento parcial do sistema quando utilizadas as pressões de serviço de 98, 137 e 157 kPa.

3.4. Tolerância do maracujazeiro-azedo ao estresse salino

O maracujazeiro além de ser muito exigente em água, é também uma cultura que pode ser severamente prejudicada quando exposta às condições de salinidade, sendo então considerada como sensível à salinidade, que não tolera nível de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo superior a 1,3 dS m⁻¹ (Ayers e Westcot, 1999). Com o conhecimento da sensibilidade aos sais, até hoje diversas pesquisas têm sido realizadas com finalidade de obtenção de estratégias que atenuem os efeitos negativos do estresse salino no desempenho da cultura. Diniz et al. (2020), avaliando os índices fisiológicos e crescimento do maracujazeiro ‘BRS Gigante Amarelo’ sob estresse salino (CEa = 0,3; 1,0; 1,7, 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e adubação silicatada, constataram que o estresse salino alterou as trocas gasosas, a síntese de clorofila *a* e *b* e o crescimento do maracujazeiro, aos 60 dias após o transplante. Paiva et al. (2021), avaliando distintas combinações catiônicas da água de irrigação observaram redução na taxa de crescimento do maracujazeiro-azedo cv. Rubi do Cerrado nas plantas cultivadas sob condutividade elétrica da água de irrigação de 3,5 dS m⁻¹.

Quanto aos aspectos nutricionais, a pesquisa de Bezerra et al. (2021) mostrou que, a irrigação com água de 4,0 dS m⁻¹ reduziu as concentrações dos macronutrientes e aumento da concentração de sódio em folhas de maracujazeiro-amarelo cv. BRS GA1. Lima et al. (2020b) em estudo sobre as respostas de crescimento, fisiológicas, anatômicas

e nutricionais de duas espécies fenotipicamente distintas de maracujá (*Passiflora* L.) sob condições salinas, constataram que o estresse salino reduziu as concentrações de nitrogênio (N) e potássio (K), nas folhas de maracujazeiro.

Bezerra et al. (2020) estudaram dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa = 0,3 e 4,0 dS m⁻¹) observaram que, o aumento da CEa retarda a colheita e reduz o número de frutos por planta, a massa dos frutos e a produtividade do maracujazeiro-amarelo cv. BRS GA1. Souza et al. (2020) em estudo com a mesma cultivar, sob os níveis de salinidade de CEa = 0,5; 1,7 e 4,0 dS m⁻¹ também observaram efeitos deletérios da CEa, constatando que o uso de água com salinidade de 4,0 dS m⁻¹ restringiu o crescimento e o acúmulo de biomassa das mudas de maracujazeiro.

3.5. Adubação potássica como atenuante do estresse salino

O potássio (K⁺) é o segundo nutriente mais absorvido pela cultura do maracujazeiro, ficando atrás apenas do nitrogênio (Fortaleza et al., 2005), sendo então um macronutriente muito importante em funções, como o desenvolvimento radicular, frutificação, maturação dos frutos e responsável pela conversão do amido em açúcares (Taiz e Zeiger, 2013). Quando acumulado nos tecidos o K⁺ proporciona um gradiente osmótico que promove o movimento de água entre suas células, tendo um controle no processo de abertura e fechamento estomático, um papel fundamental no turgor celular, bem como também no processo de transpiração das plantas (Melo et al., 2014).

No maracujazeiro, a deficiência de potássio ocasiona redução da área foliar, atraso da floração e redução do tamanho dos frutos, contudo, quando em elevadas concentrações, tem ação antagonista sobre o processo de absorção de outros elementos, tais como o cálcio e o magnésio (Ruggiero et al., 1996; Baumgartner et al., 1978; Fageria, 2001; Freitas et al., 2011).

Para o estresse salino, a adubação potássica pode apresentar resultados satisfatórios, em razão de ser um nutriente reconhecido como vital em inúmeros processos biológicos de manutenção da atividade celular, tais como; fotossíntese, respiração, ativação enzimática, balanço hídrico, além de competir com elementos tóxicos às plantas, especialmente, o sódio (Heidari e Jamshid, 2010; Prazeres et al., 2015). A competição do K⁺ com o Na⁺ se dá devido a semelhança em suas propriedades físico-químicas, como raio iônico e valência, que não conseguem ser distinguidos pelo transportador (Silva e Treviram, 2015).

A relação Na^+/K^+ nos tecidos das plantas quando em condições de salinidade é considerada como um importante marcador de tolerância ao estresse salino, pois o acúmulo de K^+ além de outros solutos compatíveis, como prolina, glicina, betaína e açúcares no conteúdo citoplasmático são considerados um importante mecanismo bioquímico e fisiológico relacionados a tolerância das plantas à salinidade (Ashraf e Harris, 2004; Estañ et al., 2005; Ashraf e Foolad, 2007; Silva et al., 2009).

Nesse sentido, diversas pesquisas foram realizadas com finalidade de estudar o possível efeito atenuante da adubação potássica em condições de salinidade da água de irrigação, como o trabalho de Lima et al. (2018b), que avaliando o efeito da água salina (0,8 e 3,8 dS m^{-1}) e adubação potássica (50, 75, 100 e 125% da recomendação de K_2O) nos pigmentos fotossintéticos, crescimento e produção da aceroleira, constataram que a adubação potássica atenuou os efeitos prejudiciais da salinidade sob o número total de frutos e massa fresca de frutos da aceroleira 'BRS 366 Jaburu'.

Nunes et al. (2017), estudando o efeito das trocas gasosas e produtividade do maracujá-amarelo irrigado com água salina (0,35 e 4,0 dS m^{-1}) e adubação com potássio e biofertilizante concluíram que, embora a produtividade da segunda safra ter sido menor em relação a primeira, a adubação potássica associada ao uso de biofertilizantes, promoveu aumento no rendimento produtivo do maracujazeiro 'BRS Gigante Amarelo'.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, F. A. L.; Silva, S. L. F.; Silveira, J. A. G. da.; Pereira, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.4, p.602-608, 2011.
- Alves, G. R.; Fontes, C. A. de A.; Processi, E. F.; Fernandes, A. M.; Oliveira, T. S.; Gloria, L. S. Performance and digestibility of steers fed by-product of fresh passion fruit or sorghum silage, with and without concentrate supplementation. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.44, n.9, p.314-320, 2015.
- Amorim, A. F.; Gomes Filho, E.; Bezerra, M. A.; Prisco, J. T.; Lacerda, C. F. de. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.1, p.113-121, 2010.
- Andrade Neto, R. de C.; Negreiros, J. R. da S.; Faleiro F. G.; Junqueira, K. P. Nogueira, S. R.; Santos, R. S.; Almeida, U. O. de; Ribeiro, A. M. A. de S. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro-amarelo cvs. BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado. *Comunicado Técnico*, 187. EMBRAPA. 2015. 12p.
- Araújo, S. M. S. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. *Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE*, v.5, n.5, p.2-4, 2011.
- Articulação Semiárido Brasileiro (ASABRASIL). Semiárido. Disponível em: <<https://www.asabrasil.org.br/semiario>>. Acesso em: jan. 2024.
- Ashraf, M. P. J. C.; Harris, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v.166, n.1, p.3-16, 2004.
- Ashraf, M.; Foolad, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, v.59, n.2, p.206-216, 2007.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29). 1999. 153p.
- Azevedo, P. R. L.; Bezerra, D. E. L.; Souto, F. M.; Bitu, S. G.; Pereira Júnior, E. B. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. *Revista de Agroecologia no Semiárido*, v.1, n.1, p.1-12, 2017.
- Baumgartner, J. G.; Lourenço, R. S.; Malavolta, E. Estudos sobre nutrição e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) - V: adubação mineral. *Revista Científica, Jaboticabal*, v.6, n.3, p.361-367, 1978.

- Bezerra, L. M. D.; Ferreira, G. L. S.; Silva, I. C. G. da; Castro, R. D. de. Atividade Antibacteriana *In Vitro* de Fitoconstituintes Sobre Micorganismos do Biofilme Dentário. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v.17, n.1, p.79-84, 2013.
- Bezerra, D. E. L.; Lima Filho, P.; Pereira Júnior, E. B.; Azevedo, P. R.; Silva, E. A. Reuso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no Semiárido brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.14, n.1, p.05-11, 2019.
- Bezerra, J. D.; Pereira, W. E.; Silva, J. M.; Raposo, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. *Revista Ceres*, v.63, n.4, p.502-508, 2016.
- Bezerra, M. A. F.; Cavalcante, L. F.; Bezerra, F. T. C.; Pereira, W. E.; Oliveira, F. F.; Silva, A. R. Calcium in the mineral nutrition of yellow passion fruit cultivated in lined pits and with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n.4, p.256-263, 2021.
- Bezerra, M. A. F.; Cavalcante, L. F.; Bezerra, F. T. C.; Pereira, W. E.; Nascimento Neto, E. C. Calcium as salinity mitigator on the production components of passion fruit cultivated in protected pits. *Revista Caatinga*, v.33, n.2, p.500-508, 2020.
- Borém, A.; Ramalho, M. A. P. Estresses abióticos: desafios do melhoramento de plantas nas próximas décadas. In: Fritsch-Neto, R.; Borém, A. *Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. p.9-28.
- Carvalho, S. L. C.; Stenzel, N. M. C.; Auler, P. A. M. Maracujá-amarelo: recomendações técnicas para cultivo no Paraná. Londrina: IAPAR, (Boletim Técnico, n. 83). 2015. 54p.
- Cavalcante, L. F.; Santos, C. J. O.; Holanda, J. S.; Lima Neto, A. J.; Souto, A. G. L.; Dantas, T. A. G. Produção de maracujazeiro amarelo no solo com calcário e potássio sob irrigação com água salina. *Revista Irriga*, v.23, n.4, p.727-740, 2018.
- Cavalcante, L. F.; Santos, R. V.; Hernandez, F. F. F.; Gheyi, H. R.; Dias, T. J.; Nunes, J.; Lima, G. S. de. Recuperação de solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho. (Org.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza: INCT Sal, 2016. Cap. 28, p. 461-447.
- Cavette, C.; Silva, L. H.; Machado, C. L. S. Capítulo 04: fisiológica e a resistência de plantas a estresse bióticos. In: *Tópicos especiais em genética e melhoramento II*. Demolinari, F.; Ferreira, M. M. F. S.; Cavallette, P. C.; Soares, T. C. B. org. *Dados eletrônicos*. - Alegre, ES: CCA-UFES, 2018. 310 p.

- Cavichioli, J. C.; Celestrino, R. B.; Luppi, V. A. S.; Vitorino, R. A. Desempenho vegetativo e produtivo de maracujazeiro-amarelo com diferentes tipos de condução dos ramos secundários. *Revista de Ciência Agroambientais*, v.17, n.2, p.66-70, 2019.
- Costa, A. F. S.; Alves, F. L.; Costa, A. N. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: Costa, A. F. S.; Costa, A. N. (Ed.). *Tecnologias para a produção de maracujá*. Vitória, ES: INCAPER, p.23-53, 2005.
- Costa, E.; Santos, L. C. R.; Carvalho, C.; Leal, P. A. M.; Gomes, V. A. Volumes de substratos comerciais, solo e composto orgânico afetando a formação de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes ambientes de cultivo. *Revista Ceres*, v.58, n.2, p.216-222, 2011.
- Costa, A. M. Propriedade das passifloras como medicamento e alimento funcional. In Junghans, T. G.; Jesus, O. N. *Maracujá do cultivo à comercialização*. Embrapa; cap.13, pp. 299-318, 2017.
- Dias, D. G.; Pegoraro, R. F.; Maia, V. M.; Medeiros, A. C. Production and postharvest quality of irrigated passion fruit after N-K fertilization. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.39, n.3, p.1-12, 2017.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F.; Souza, E. R.; Ferreira, J. F. S.; Sousa Neto, O. N. Queiroz, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho. (Org.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza: INCT Sal, 2016. Cap. 11, p. 151-162.
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Souza, L. de P.; Gheyi, H. R.; Medeiros, M. N. V. Physiological indices and growth of 'Gigante Amarelo' passion fruit under salt stress and silicate fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, n.12, p.814-821, 2020.
- Estañ, M. T.; Martinez-Rodriguez, M. M.; Perez-Alfocea, F.; Flowers, T. J.; Bolarin, M. C. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, v.56, n.412, p.703-712, 2005.
- Fageria, V. D. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, n. 8, p.1269-1290, 2001.
- Faleiro, F. G. Maracujá: fruta nativa do Brasil para o mundo. *Anuário HF: 2022. Campo & Negócios*, v. 11, p.79-81, 2022.

- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. ed. Embrapa Cerrados, (Coleção 500 perguntas, 500 respostas), 2016. 341p.
- Farooq, M.; Hussain, M.; Wakeel, A.; Siddique, K. H. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v.35, n. 2, p.461-481, 2015.
- Ferreira, P. A.; Silva, J. B. L.; Ruiz, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho. (Org.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza: INCT Sal, Cap. 3, p. 17-34, 2016.
- Fortaleza, J. M.; Peixoto, J. R.; Junqueira, N. T.; Oliveira, A. T.; Rangel, L. E. P. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.1, p.124-127, 2005.
- Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, n.1, p.82-91, 2014.
- Freitas, M. S. M.; Monnerat, P. H.; Carvalho, A. J. C.; Vasconcellos, M. A. S. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.4, p.1329-1341, 2011.
- Gaglianone, M. C.; Rocha, H. H. S.; Benevides, C. R.; Junqueira, C. N.; Augusto, S. C. Importância de Centridini (apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. *Oecologia Australis*, v.14, n.1, p.152-164, 2010.
- Gürel, F.; Öztürk, Z. N.; Uçarl, C.; Rosellini, D. Barley genes as tools to confer abiotic stress tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science*, v.7, p.1-6, 2016.
- Hasanuzzaman, M.; Bhuyan, M. H. M. B.; Nahar, K.; Hossain, S.; Mahmud, J. A.; Hossen, S.; Masud, A. A. C.; Moumita; Fujita, M. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, v.8, n.31, p.1-29, 2018.
- Heidari, M.; Jamshid, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. *ARP Journal of Agricultural and Biological Science*, v.5, n.6, p.39-46, 2010.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção Agrícola Municipal 2022. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>> Acesso em: jan. 2024.
- Iqbal, N.; Umar, S.; Khan, N. A.; Khan, M. I. R. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, v.100, p.34-42, 2014.
- Isayenkoy, S.; Maathuis, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, v.10, p.1-11, 2019.
- Junqueira, N. T. V.; Veras, M. C. M.; Nascimento, A. C.; Chaves, R. C.; Matos, A. P.; Junqueira, K. P. (2001). A importância da polinização manual para aumentar a produtividade do maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 18 p. (Documentos/Embrapa Cerrados, n° 41).
- Khajanchi, L.; Meena, R. L. Diagnosis of soil and water for salinity'. *Conjunctive Use of Canal and Groundwater*, Intech Graphics, Karnal, India, p.57-66, 2008.
- Komuro, L. K. Efeitos de sistemas de condução sobre o crescimento, produção, qualidade dos frutos e custos de instalação de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims, f. *flavicarpa* Deg). Ilha Solteira: UNSP, 2008. 54p. Dissertação Mestrado.
- Krause, W.; Neves, L. G.; Viana, A. P.; Araújo, C. A. T.; Faleiro, F. G. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.12, p.1737-1742, 2012.
- Laperuta Neto, J.; Cruz, R. L.; Laperuta Filho, J.; Pletsch, T. A. Perda de carga em mangueiras gotejadoras novas e usadas. *Irriga*, v. 16, n. 3, p. 329-338, 2011.
- Läunchli, A.; Epstein, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: Tanji, K. K. (ed), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers, p.113-137, 1990.
- Leonel, S.; Pedroso, C. J. Produção de mudas de maracujazeiro doce com o uso de biorregulador. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.1, p.107-109, 2005.
- Lima, G. S. de.; Dias, A. S.; Souza, L. de P.; Sá, F. V. D. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. *Revista Ambiente & Água*, v.13, n.3, p.1-12, 2018b.
- Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, n.1, p.184-194, 2020a.

- Lima, G. S. de; Nobre, R. G.; Ghehy, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Azevedo, C. A. V. de; Lima, V. L. A. de. Salinity and cationic nature of irrigation water on castor bean cultivation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.4, p.267-272, 2018a.
- Lima, G. S. de; Santos, J. B.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G. N.; Pereira, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão ‘All Big’. *Comunicata Scientiae*, v.7, n.4, p.513-522, 2016.
- Lima, G. S. de; Soares, M. G. da S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, J. B. da. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour passion fruit seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n. 6, p.393-401, 2021.
- Lima, L. K. S.; Jesus, O. N.; Soares, T. L.; Santos, I. S.; Oliveira, E. J.; Coelho Filho, M. A. Growth, physiological, anatomical and nutritional responses of two phenotypically distinct passion fruit species (*Passiflora* L.) and their hybrid under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, v.263, p.1-15, 2020b.
- Lira, R. M. de. Salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação no cultivo da cana-de-açúcar. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração em Manejo integrado de água e solo) – Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, PE, 2016.
- López Aguado, J. obstruções físico químicas y biológicas em riego localizado. *Riegos y Drenajes*, v. 62, p.32-38, 1992.
- Lucena, C. Y. S.; Santos, D. J. R.; Silva, P. L. S.; Costa, E. D.; Lucena, R. L. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. *REGNE*, v.4, n. especial, p. 1-17, 2018.
- Machado, R. M. A.; Serralheiro, R. P. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticulturae*, v.3, n.2, p.1-13, 2017.
- Malerbo-Souza, D. T.; Ribeiro, M. F. Polinização do maracujá doce (*Passiflora alata* Dryander). *Scientia Agraria Paranaensis*, v.9, n.2, p.37-46, 2010.
- Matos, A. T.; Almeida Neto, O. B.; Matos, M. P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.5, p.501-506, 2014.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. 1992. 172f.

- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de concentração em Engenharia de Irrigação e Drenagem). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB. 1992.
- Medeiros, S. A. S.; Cavalcante, L. F.; Bezerra, M. A. F.; Nascimento, J. A. M.; Bezerra, F. T. C.; Prazeres, E. S. Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. *Irriga*, v.21, n.4, p.779-795, 2016.
- Meletti, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. Especial, n. 83-91, 2011.
- Mélo, R. F.; Coelho, R. D.; Teixeira, M. B. Entupimento de gotejadores convencionais por precipitados químicos de carbonato de cálcio e magnésio, com quatro índices de saturação de Langelier. *Irriga*, v.13, n.4, p.525-539, 2008.
- Melo, A. S.; Silva Junior, C. D.; Fernandes, P. D.; Brito, M. E. B.; Sobral, L. F.; Suassuna, J. F.; Viégas, P. R. A.; Ferraz, R. L. S. Chlorophyll and macronutrients content in leaf tissue of *Musa* sp 'Prata-Anã' under fertigation. *African Journal of Agricultural Research*, v.9, n.22, p.1714-1720, 2014.
- Mguis, K.; Albouchi, A.; Khadhri, A.; Abassi, M.; Yakoubi-Tej, M.; Mahjoub, A.; Ouerghi, Z.; Brahim, N. B. Adjustments in leaf water relations of wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth. and wheat (*Triticum durum* Desf.) plants grown in a salinity gradient. *Australian Journal of Crop Science*, v.6, n.5, p.768-776, 2012.
- Moreno, E. C.; Tiago, A. V. Rossi, F. S.; Rossi, A. A. B. Biologia floral, morfometria e viabilidade polínica do Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa* Degener). *Enciclopédia biosfera*, v.11 n.21, p. 2094-2104, 2015.
- Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, v.25, n.2, p.239-250, 2002.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.
- Nascimento, I. B.; Medeiros, J. F.; Alves, S. S. V.; Lima, B. L. C.; Silva, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.11, n.1, p.37-43, 2015.
- Nogueira, D.; Milhorange, C.; Mendes, P. Do Programa Um Milhão de Cisternas ao Água para Todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no Semiárido brasileiro. *IdeAs* [Online], 2020. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/ideas/7219>>, Acesso em: jan. 2024.

- Nunes, J. C.; Cavalcante, L. F.; Pereira, W. E.; Souza, J. T.; Almeida, D. J.; Oresca, D. Fernandes, P. D. Gas exchange and productivity of yellow passion fruit irrigated with saline water and fertilized with potassium and biofertilizer. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, v.44, n.2, p.168-183, 2017.
- Oliveira, P. E.; Augusto, S. C.; Barbosa, A. A. A.; Yamamoto, M.; Silva, C. I.; Silva, J. R. Polinização e produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no triângulo mineiro e possibilidades de manejo sustentável de *Xylocopa* spp. (Apidae, Xylocopini). In: Yamamoto, M.; Oliveira, P. E.; Gaglianone, M. C. (Coord.). *Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo*. Brasília, DF: MMA, p. 281-314, 2014.
- Paiva, F. J. S.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Ramos, J. G.; Gheyi, H. R.; Farias, M. S.; Fernandes, P. D.; Azevedo, C. A. V. de. Growth, photosynthetic pigments, and photochemical efficiency of sour passion fruit as a function of the cationic nature of water. *Semina: Ciências Agrárias*, v.42, n.2, p.583-598, 2021.
- Pandey, P.; Irulappan, V.; Bagavathiannan, M. V.; Senthil-Kumar, M. Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. *Frontiers In Plant Science*, v.8, p.1-15, 2017.
- Prazeres, S. S.; Lacerda, C. F.; Barbosa, F. E. L.; Amorim, A. V.; Araújo, I. C. S.; Cavalcante, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente On-line*, v.9, n.2, p.111-118, 2015.
- Ribeiro, M. R.; Barros, M. F. C.; Freire, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F. (ed.). *Química e mineralogia do solo. Parte II - Aplicações*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.449-484, 2009.
- Ruggiero, C.; São José, A. R.; Volpe, C. A.; Oliveira, J. C.; Durigan, J. F.; Baumgartner, J. G.; Silva, J. R.; Nukamura, K.; Ferreira, M. E.; Kavati, R.; Pereira, V. P. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI (Publicações Técnicas FRUPEX, 19), 64p. 1996.
- Sá, F. V. S.; Mesquita, E. F.; Bertino, A. M. P.; Costa, J. D.; Araújo, J. L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. *Revista Irriga*, v.20, n.1, p.46-59, 2015.

- Santos, V. A.; Ramos, J. D.; Laredo, R. R.; Silva, F. O. R.; Chagas, E. A.; Pasqual, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.16, n.1, p.33-40, 2017.
- Shalaby, O. A. E. S.; Farag, R.; Ibrahim, M. F. Effect of hydrogen sulfide and hydrogen peroxide on growth, yield and nutrient content of broccoli plants grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, v. 316, p.1-9, 2023.
- Silva, L. P.; Silva, M. M.; Correa, M. M.; Souza, F. C. D.; Silva, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, p.480-486, 2012.
- Silva Júnior, G. B.; Cavalcante, Í. H. L.; Albano, F. G.; Osajima, J. A. Estado nutricional e clorofila foliar do maracujazeiro-amarelo em função de biofertilizantes, calagem e adubação com N e K. *Revista de Ciências Agrárias*, v.36, n.2, p.163-173, 2013.
- Silva, E. N.; Silveira, J. A. G.; Rodrigues, C. R. F.; Lima, C.S.; Viégas, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-manso submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.5, p.437-445, 2009.
- Silva, F. H. D. L.; Viana, A. P.; Ferreira, R. T.; Freitas, J. C. D. O.; Santos, J. O.; Rodrigues, D. L. Measurement of genetic diversity in progenies of sour passion fruit by ward-mlm methodology: a strategy for heterotic group formation. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.3, p.240-246, 2014.
- Silva, J. R. I.; Jardim, A. L. R. F.; Neto, J. B.; Leite, M. L. M. V.; Teixeira, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 11, n. 13, p.127-139, 2018.
- Silva, M. L.; Trevizam, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição de plantas. *Informações Agronômicas*, n.149, p.10-16, 2015.
- Silva, R. M.; Ambrósio, M. M. Q.; Aguiar, A. V. M.; Faleiro, F. G.; Cardoso, A. M. S.; Mendonça, V. Reação de cultivares de maracujazeiro em áreas com fusariose. *Summa Phytopathologica*, v.43, n.2, p.98-102, 2017.
- Souza, T. M. A.; Mendonça, V.; Sá, F. V. S.; Silva, M. J.; Dourado, C. S. T. Calcium silicate as salt stress attenuator in seedlings of yellow passion fruit cv. BRS GA1. *Revista Caatinga*, v.33, n.2, p.509-517, 2020.

- Suassuna, J. Artigo - A má distribuição da água no Brasil. Repórter Brasil. 2004. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/>>. Acesso em: jan. 2024.
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiarido-dou-pdf>>. Acesso em: Acesso em: jan. 2024.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 954p. 2013.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. [S. l.]: Artmed Editora, 858p. 2017.
- Testezlaf, R. Filtros de areia aplicados à irrigação localizada: teoria e prática. Engenharia de água e solo, v.28, n.3, p.604-613, 2008.
- Tiwari, S.; Sharma, B.; Bisht, N.; Tewari, L. Role of beneficial microbial gene pool in mitigating salt/nutrient stress of plants in saline soils through underground phytostimulating signalling molecules. Pedosphere, v.33, n.1, p.153-171, 2023.
- Vieira, L. R.; Silva, V. N. B.; Casari, R. A. C. N.; Carmona, P. A. O.; Sousa, C. A. F.; Souza Junior, M. T. Morphophysiological responses of young oil palm plants to salinity stress. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.55, p.1-15, 2020.
- Vieira, P. F. S. P.; Cruz, D. O.; Gomes, M. F. M.; Campos, L. A. O.; Lima, J. E. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica, v.15, n.1, p.43-53, 2010.
- Zhang, F. Niu, J.; Zhang, W.; Chen, X.; Li, C.; Yuan, L.; Xie, J. Potassium nutrition of crop sunder varied regimes of nitrogen supply. Plant and Soil, v.335, n.1, p.21-34, 2010.
- Zocoler, J. L.; Ribeiro, P. H. P.; Silva, N. F.; Cunha, F. N.; Teixeira, M. B.; Soares, F. A. L. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água salina. Irriga, v,1, n.1, p.234-247, 2015.

CAPÍTULO II

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS, TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADOS SOB ESTRESSE SALINO

**PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS, TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA
FOTOQUÍMICA DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO
CULTIVADOS SOB ESTRESSE SALINO**

RESUMO: O Nordeste brasileiro destaca-se na produção de frutas tropicais, contudo, devido a alguns fatores ambientais, como as altas temperaturas, elevada taxa de evapotranspiração e os baixos índices pluviométricos, a irrigação é uma prática necessária, entretanto, as águas utilizadas nas irrigações contêm, em geral, elevados teores de sais, o que pode afetar negativamente a fisiologia e o rendimento das culturas. Neste sentido, se faz necessário o uso de técnicas que visem atenuar os efeitos deletérios da salinidade, como, por exemplo, o uso de genótipos tolerantes à salinidade. Ante o exposto, objetivou-se avaliar a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas e a eficiência fotoquímica de genótipos de maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas em condições de Semiárido paraibano. A pesquisa foi desenvolvida na fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, em São Domingos, Paraíba. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×3 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1}) e três genótipos de maracujazeiro-azedo (Gigante Amarelo – ‘BRS GA1’; Sol do Cerrado – ‘BRS SCS1’ e Catarina – ‘SCS 437 Catarina’) com três repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Sob condições de elevada condutividade elétrica da água de irrigação (3,5 dSm^{-1}) o genótipo ‘BRS SC1’ obteve os maiores teores de pigmentos fotossintéticos. O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente as trocas gasosas dos genótipos de maracujazeiro-azedo, aos 154 dias após o transplântio. A salinidade da água até 3,5 dS m^{-1} não comprometeu a eficiência fotoquímica do genótipo ‘BRS GA1’, aos 154 dias após o transplântio.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims, estresse abiótico, variabilidade genética, semiárido brasileiro

**PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS, GAS EXCHANGE AND
PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF SOUR PASSION FRUIT GENOTYPES
CULTIVATED UNDER SALINE STRESS**

ABSTRACT: The Brazilian Northeast stands out in the production of tropical fruits, however, due to some environmental factors, such as high temperatures, high evapotranspiration rates and low rainfall, irrigation is a necessary practice. However, the water used in irrigation generally contains high levels of salts, which can negatively affect the physiology and yield of crops. In this sense, it is necessary to use techniques that aim to mitigate the harmful effects of salinity, such as, for example, the use of salinity-tolerant genotypes. In view of the above, the objective was to evaluate the synthesis of photosynthetic pigments, gas exchange and photochemical efficiency of passion fruit genotypes irrigated with saline waters in semi-arid conditions in Paraíba. The research was developed at the experimental farm of the Federal University of Campina Grande, in São Domingos, Paraíba. A randomized block design was adopted, in a 5 × 3 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹) and three genotypes of sour passion fruit (Gigante Amarelo - 'BRS GA1'; Sol do Cerrado - 'BRS SCS1' and Catarina - 'SCS 437 Catarina') with three replicates, totaling 45 experimental units. Under conditions of high electrical conductivity of irrigation water (3.5 dS m⁻¹), the genotype 'BRS SC1' obtained the highest levels of photosynthetic pigments. The increase in electrical conductivity of irrigation water negatively affected the gas exchange of passion fruit genotypes, 154 days after transplanting. Water salinity up to 3.5 dS m⁻¹ did not compromise the photochemical efficiency of the genotype 'BRS GA1', 154 days after transplanting.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims, abiotic stress, genetic variability, brazilian semi-arid

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma cultura de grande importância social e econômica, podendo ser utilizado tanto na forma de alimento como para fins medicinais, sendo uma fruta rica em diversos nutrientes, vitaminas, aminoácidos e fibra alimentar (Fonseca et al., 2022). A demanda mundial pelo suco da fruta é crescente, sendo estimado um aumento de 15% a 20% anualmente (Zhao et al., 2023).

Em 2022, o Brasil produziu 697.859 toneladas de frutos, com destaque para o Nordeste entre as principais regiões produtoras, sendo responsável por quase 70% da produção nacional (IBGE, 2024). Dentre os estados da região, em 2022, se destacaram a Bahia (227.867 t) e o Ceará (148.013 t) como os maiores produtores, a Paraíba produziu apenas 10.357 t. Apesar do Nordeste ser a região mais produtora, o rendimento médio por hectare é de apenas 14.758 kg ha⁻¹, valor abaixo da média brasileira que é de 15.303 kg ha⁻¹.

Dentre os fatores que podem estar relacionados ao baixo rendimento produtivo no Nordeste, têm-se as condições edafoclimáticas desta região. Cerca de 58% de toda a área do Nordeste brasileiro é classificada como semiárida, e nela, a baixa disponibilidade e qualidade das águas utilizadas usadas na agricultura tornam necessário o uso alternativo de águas com qualidade inferior, como, por exemplo, águas salinas, sejam elas obtidas de corpos hídricos superficiais ou subterrâneos (Medeiros et al., 2003; Silva et al., 2014).

O estresse salino propicia condições de desequilíbrio nas plantas, através da limitação nos processos fisiológicos e bioquímicos (Oliveira et al., 2019; Lima et al., 2022a). Com isso, ocorre inicialmente o efeito osmótico, caracterizado pela restrição na disponibilidade de água para as plantas, pela redução do potencial osmótico da solução do solo (Stavi et al., 2021). Em seguida, pelo acúmulo de íons excessivos nos tecidos vegetais, promove o estresse iônico, que induz alterações no metabolismo celular de ordem morfológica, fisiológica, bioquímica e molecular das plantas (Gupta e Huang, 2014).

Em geral, as plantas frutíferas anuais apresentam maior sensibilidade ao estresse salino do que culturas perenes, cujo sucesso da produção agrícola depende do emprego de práticas alternativas, uma delas é o uso de espécies tolerantes à salinidade (Vangelisti et al., 2019; Azevedo Neto et al., 2020). O mecanismo de tolerância das plantas à salinidade depende de outros fatores, como a capacidade de transporte e acúmulo de íons

tóxicos, a ativação do sistema de defesa antioxidante e a biossíntese de solutos compatíveis (Liang et al., 2018; Isayenkov e Maathuis, 2019).

Estudos com diversas culturas, como uva (Baneh et al., 2014), citrus (Brito et al., 2021) e romã (Rajkumar et al., 2020) foram realizados com objetivo de avaliar a tolerância de distintos genótipos ao estresse salino, sendo constatadas variações genotípicas quanto a tolerância das culturas à salinidade da água de irrigação. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas e a eficiência fotoquímica de genótipos de maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas sob condições de Semiárido paraibano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de novembro de 2021 e julho de 2022 no setor de fruticultura, localizado na fazenda experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, na cidade de São Domingos, PB, cujas coordenadas são: 06°48’50” de latitude (S) e 37°56’31” de longitude (W), a uma altitude de 190 m.

Segundo a classificação climática de Koppen adaptada ao Brasil (Coelho e Soncin, 1982), o clima da região é do tipo BSh, clima semiárido quente e seco, a precipitação média pluviométrica é de cerca 750 mm ano⁻¹ com uma média de evaporação de 2000 mm. Os dados agrometeorológicos, foram obtidos da estação meteorológica localizada no distrito de São Gonçalo, na cidade de Sousa, PB, conforme apresentados na Figura 1.

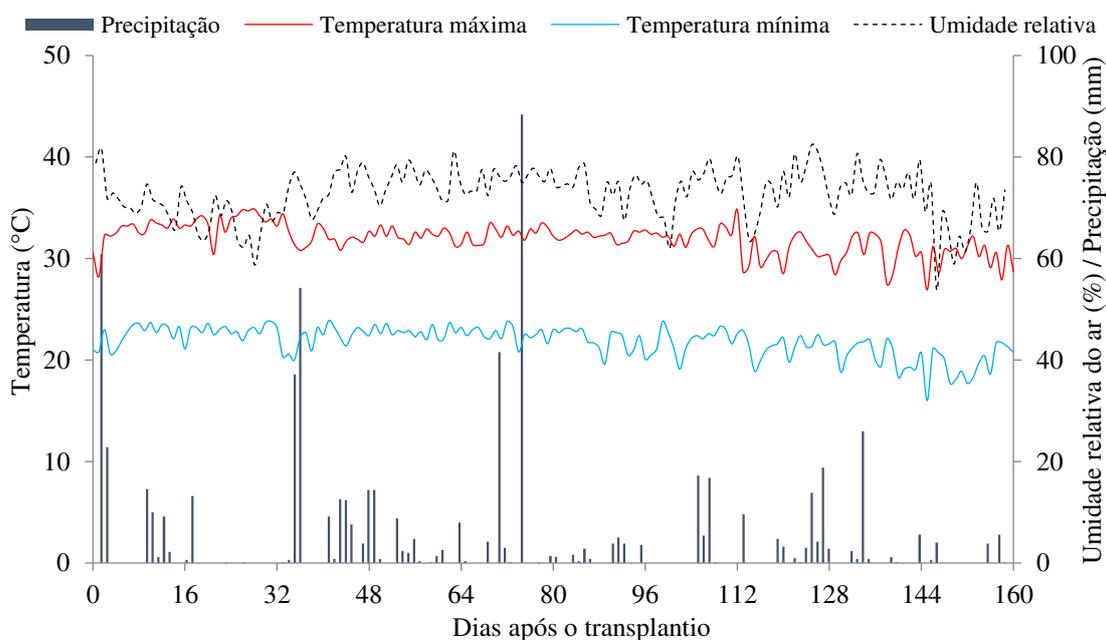


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022).

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 3, cujos tratamentos foram obtidos pela combinação de dois fatores, sendo eles: cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) e três genótipos de maracujazeiro-azedo (‘BRS Gigante Amarelo’; ‘BRS Sol do Cerrado’ e ‘SCS 437 Catarina’) com 3 repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Os níveis de CEa foram adotados de acordo com estudo desenvolvido por Lima et al. (2020c).

Os genótipos, 'BRS Girante Amarelo' ('BRS GA1') e 'BRS Sol do Cerrado' ('BRS SC1') foram lançados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2008. Eles se caracterizam por produzirem frutos de coloração amarela e formato oblongo, pesando de 120 a 350 g, com rendimento da polpa de 40% e 38% e teores de sólidos solúveis de 13 a 15° Brix, respectivamente. Possuem tolerância à antracnose, bacteriose e virose (BRS CS1), além de florescerem durante todo o ano, com maior concentração nas épocas mais secas (EMBRAPA, 2014a; EMBRAPA, 2014b).

O genótipo 'SCS 437 Catarina', destaca-se pela tolerância à bacteriose e antracnose, é resistente ao transporte e tem excelente aspecto visual. Os frutos grandes, com peso médio de 315g e rendimento de suco de 33 a 50%, teor de sólidos solúveis de 9 a 14,5 °Brix, de coloração amarela e polpa alaranjada (Petry et al., 2019).

O experimento foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira, foram produzidas as mudas em condições de ambiente protegido, sobrepostas em bancadas localizadas próximo à área experimental. Como recipientes, utilizou-se sacolas de polietileno com dimensões de 15 × 20 cm (3.534 cm³), preenchidas com substrato composto pela mistura de solo e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1 m³ (em base de volume), respectivamente. Foram semeadas três sementes por sacola, a uma profundidade de 0,5 cm. Após emergência das plântulas, o desbaste foi efetuado, permanecendo apenas uma planta por sacola. Durante a formação das mudas, as irrigações foram feitas com água de abastecimento proveniente da rede municipal da cidade de São Domingos, que apresentava nível de condutividade elétrica igual a 0,3 dS m⁻¹.

Na segunda etapa, as plantas foram cultivadas sob condições de campo (à céu aberto) em vasos adaptados para lisímetros de drenagem, com capacidade de 100 litros, preenchidos com aproximadamente 110 kg de um Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico de textura areia franca, oriundo de uma propriedade particular localizada próximo à área experimental, cujas características físico-hídrica, químicas e de salinidade seguiram conforme metodologia de Teixeira et al. (2017), Tabela 1.

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

Características físico-hídrica, química e salinidade								
pH H ₂ O) (1:2,5)	MO g kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
			.....cmol _c kg ⁻¹					
6,01	0,21	0,53	0,12	0,05	3,00	2,44	0,00	0,69
CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Areia (g kg ⁻¹)	Silte	Argila	Umidade (%)	
0,71	6,25	0,61	0,8	75,65	20,01	4,34	0,33 atm	15,0 atm
Classe textural		Porosidade total (%)		33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²	DP (g/cm ³)	DA (g/cm ³)	
Areia Franca		50,54		13,57	5,01	2,65	1,31	

pH – Potencial hidrogeniônico, MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} correspondente a umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanentes, respectivamente DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas

O transplântio das mudas para os lisímetros foi realizado aos 60 dias após o semeio, período caracterizado pelo início da emissão de gavinhas. Durante os primeiros 30 dias após o transplântio (DAT), com finalidade de permitir a aclimação sob condições de campo, todas as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e a partir do 31 DAT tiveram início às irrigações com seus respectivos níveis de condutividade elétrica da água.

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira vertical, construída com arame liso de aço galvanizado n° 12, disposta a 1,2 m de altura da superfície do solo do lisímetro. As plantas foram tutoradas com barbante de nylon, e quando ultrapassaram 10 centímetros acima da espaldeira foi efetuada a poda da gema apical, visando à emissão dos ramos secundários, os quais foram conduzidos em direções opostas até atingirem o comprimento de 1,50 m cada. Após os ramos secundários atingirem o comprimento pré-estabelecido, foi feita a poda da gema apical, visando à emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até que alcançassem 30 cm de distância da superfície do solo da área experimental, para evitar possíveis contaminações através do contato da planta com o solo. O espaçamento adotado foi de 3,0 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras.

Na adubação com NPK, como fonte de nitrogênio foi utilizado a ureia (45% N), de fósforo o superfosfato simples (20% P₂O₅) e de potássio o sulfato de potássio (51,5% K₂O). A adubação com nitrogênio e potássio foi realizada de maneira parcelada, mensalmente ao longo do ciclo do maracujazeiro-azedo, sendo a relação (N/K) de 1/1 na fase de floração passando para 1/2 no início da colheita e 1/3 até o final da colheita e o

fósforo foi aplicado em uma única vez em fundação, incorporado com o solo no enchimento dos lisímetros, conforme recomendação de Costa et al. (2008).

As aplicações de micronutrientes iniciaram-se aos 30 dias após o transplante (DAT) e foram realizadas quinzenalmente, utilizando-se o Dripsol[®] micro (Mg²⁺ = 1,1%; B = 0,85 %; Cu (Cu-EDTA) = 0,5%; Fe (FeEDTA) = 3,4 %; Mn (Mn-EDTA) = 3,2%; Mo = 0,05%; Zn = 4,2%; possuindo 70% de agente quelante EDTA) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar. Durante as aplicações de micronutrientes foi utilizado espalhante adesivo Haiten[®], na concentração de 0,15 ml L⁻¹.

A água usada nas irrigações foi proveniente de um poço artesiano situado na área experimental do CCTA/UFCG, que apresentava baixa condutividade elétrica (0,22 dS m⁻¹), cujas características químicas estão na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas da água de menor salinidade utilizada no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	CE	pH	RAS
(mmol _c L ⁻¹)								dS m ⁻¹		(mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}
0,17	0,61	1,41	0,29	0,18	0,81	0,00	1,26	0,22	7,10	2,26

CE - Condutividade elétrica; RAS - relação de adsorção de sódio

Para obtenção dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) foi adicionado a água do poço, cloreto de sódio (NaCl) ajustando às concentrações da água disponível, sendo considerada a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Eq. 1:

$$C \approx 640 \times CEa \dots \dots \dots (1)$$

Em que:

C = Concentração de sais a ser aplicado (mg L⁻¹);

CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, onde cada planta continha dois gotejadores autocompensantes com vazão de 10 L.h⁻¹. As irrigações foram realizadas diariamente, a partir das 7:00 horas, aplicando-se em cada recipiente, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, cujo volume de água a ser aplicado nas plantas foi determinado pela Eq. 2:

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

Em que:

VI = Volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (L);

Va = Volume aplicado no evento de irrigação anterior (L);

Vd = Volume de drenado (L);

FL = Fração de lixiviação de 0,15, aplicada a cada 15 dias com o objetivo de reduzir o acúmulo de sais na zona radicular.

Os dados de volume aplicado, volume drenado e consumo hídrico, das plantas de maracujazeiro-azedo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo hídrico por planta de maracujazeiro-azedo do 2º aos 160º dias após o transplântio em função da CEa de irrigação.

CEa de Irrigação	Volume aplicado (L)	Volume drenado (L)	Consumo hídrico (L)
0,3 dS m ⁻¹	685,5	75,4	610,1
1,1 dS m ⁻¹	636,8	62,4	574,4
1,9 dS m ⁻¹	610,7	66,1	544,6
2,7 dS m ⁻¹	539,5	62,1	477,4
3,5 dS m ⁻¹	523,5	68,9	454,6

CEa – Condutividade elétrica da água.

O controle de plantas daninhas se deu através de capinas manuais, nas entrelinhas dos lisímetros de drenagem e ao redor do colo da planta. O controle de pragas e doenças foi realizado de maneira preventiva, sendo utilizados produtos químicos com dosagens estabelecidas pelos fabricantes recomendados para a cultura.

Os efeitos dos distintos tratamentos foram avaliados aos 154 dias após o transplântio (DAT), quando as plantas estavam em estágio fenológico de frutificação, através dos pigmentos fotossintéticos, as relações hídricas, as trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* na fase clara e escura. Os teores de pigmentos fotossintéticos foram determinados de acordo com metodologia de Arnon (1949). A partir dos extratos, foram determinadas as concentrações de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides nas soluções utilizando-se um espectrofotômetro nos comprimentos de onda de absorbância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meios Eqs. 3, 4, 5 e 6, respectivamente:

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = (12,21 \times \text{ABS}663) - (2,81 \times \text{ABS}646) \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = (20,13 \times \text{ABS}646) - (5,03 \times \text{ABS}663) \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Clorofila Total (Cl } T) = (17,3 \times \text{ABS}646) + (7,18 \times \text{ABS}663) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Carotenóides (Carot)} = \frac{(1000 \times \text{ABS}470) - (1,82 \times \text{Cl } a) - (85,02 \times \text{Cl } b)}{198} \dots\dots\dots(6)$$

As trocas gasosas foram avaliadas através da taxa de assimilação de CO₂ - *A* (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), transpiração - *E* (mmol H₂O m⁻¹ s⁻¹), concentração interna de CO₂ - *C_i* (μmol

CO₂ m⁻² s⁻¹) e da condutância estomática - *g_s* (mol H₂O m⁻¹ s⁻¹), determinadas na terceira folha contada a partir do ápice do ramo terciário, usando o equipamento portátil de medição de fotossíntese (IRGA) denominado “LCPro⁺” da ADC BioScientific Ltda. A partir desses dados foram quantificadas a eficiência intrínseca no uso da água - *EiUA (A/E)* [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência instantânea da carboxilação - *EiCi (A/Ci)* [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)⁻¹]. As determinações foram realizadas entre 6:30 e 10:00 horas da manhã na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical, em condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO₂ e usando uma fonte de radiação artificial de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹.

A fluorescência da clorofila *a* foi mensurada através da fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre às 6:00 e 9:00 h da manhã, na folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta. Para isto foi utilizado um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science.

As avaliações em condições de claro seguiram o protocolo Yield, realizadas usando uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), determinando-se a fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_{ms}), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica potencial do fotossistema II (Y), radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e temperatura foliar (L Temp.).

O conteúdo relativo de água (CRA) foi determinado de acordo com Weatherley (1950). Foram utilizadas a terceira folha a partir do ápice do ramo terciário, onde foram retirados quatro discos de 113 mm² de área e, imediatamente, pesados em balança analítica com precisão de 0,001g; para determinação da massa túrgida (MT), em seguida, os discos foram imersos em água destilada durante 24 horas. Passado o período, os discos foram enxutos com papel toalha e pesados novamente, para obtenção da massa túrgida (MT). Logo após, foram acondicionados em sacos de papel kraft, levados à estufa com ventilação forçada de ar em temperatura de 85 °C até obtenção de peso constante. Em seguida, realizou-se a pesagem dos mesmos, obtendo assim, o peso da massa seca (MS). A partir de então, o CRA foi determinado de acordo com a Eq. 7:

$$CRA = \frac{(MF-MS)}{(MT-MS)} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

Em que:

CRA = Conteúdo relativo de água (%);

MF = Massa fresca dos discos (g);

MT = Massa túrgida dos discos (g);

MS = Massa seca dos discos (g).

A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise de componentes principais (ACP), sintetizando a quantidade de informações relevantes contida no conjunto de dados originais em menor número de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores maiores ou iguais a um ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, explicando porcentagem maior que 10% da variância total (Govaerts et al., 2007).

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling et al. (1947) a 0,05 de probabilidade para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e os genótipos de maracujazeiro-azedo, assim como para interação entre eles. Apenas variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,65 foram mantidas em cada componente principal (CP) (Hair et al., 2009). Para as análises estatísticas utilizou-se o software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

Os dados que não obtiveram coeficiente de correlação acima de 0,6 foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e verificada a normalidade, aplicou-se a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, quando significativo, realizou-se a análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator condutividade elétrica da água de irrigação e o teste de comparação de médias (Tukey $p \leq 0,05$) para os genótipos de maracujazeiro-azedo, utilizando-se do software estatístico SISVAR - ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores maiores do que um ($\lambda \geq 1.0$), conforme destacado por Kaiser (1960). Os autovalores e porcentagem de variância explicada para cada componente (Tabela 4) representaram juntos 76,30% da variação total. O CP1 explicou 49,59% da variância total, representada pela maioria das variáveis e o CP2 representou 26,71% da variância restante.

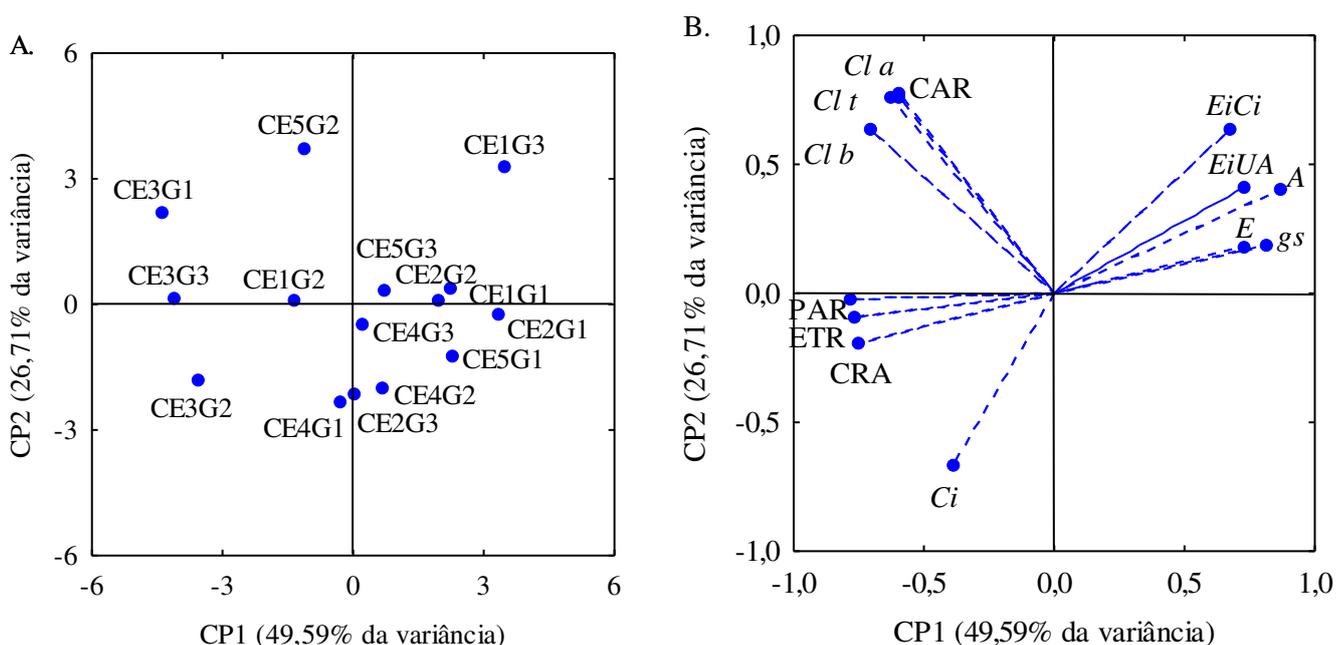
Observa-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água (CEa) e genótipos de maracujazeiro-azedo (GEN) para o CP1 e CP2 (Tabela 4). Quando analisados de maneira isolada, nota-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e genótipos de maracujazeiro-azedo (GEN) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).

Tabela 4. Autovalores, porcentagem de variância total explicada na análise de variância multivariada (MANOVA) probabilidade de significância pelo teste de Hotelling ($p \leq 0,05$) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), genótipos de maracujazeiro-azedo (GEN) e interação CEa \times GEN, e os coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.

		Componentes Principais (CPs)											
		CP1						CP2					
Autovalores (λ)		6,44						3,47					
Porcentagem de variância total ($S^2\%$)		49,59						26,71					
Teste de Hotelling (T^2) para condutividade elétrica da água (CEa)		0,01						0,01					
Teste de Hotelling (T^2) para genótipos (GEN)		0,01						0,01					
Teste de Hotelling (T^2) para interação (CEa \times GEN)		0,01						0,01					
CPs		Coeficiente de correlação											
	CRA	<i>Cl a</i>	<i>Cl b</i>	<i>Cl t</i>	CAR	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>	ETR	PAR
CP1	-0,75	-0,60	-0,70	-0,62	-0,60	-0,39	0,72	0,81	0,87	0,72	0,67	-0,76	-0,78
CP2	-0,19	0,78	0,63	0,76	0,76	-0,66	0,17	0,18	0,40	0,41	0,63	-0,08	-0,02
TRAT		Valores médios											
	CRA	<i>Cl a</i>	<i>Cl b</i>	<i>Cl t</i>	CAR	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>	ETR	PAR
CE1G1	83,98 $\pm 0,59$	537,66 $\pm 77,61$	106,76 $\pm 2,03$	644,43 $\pm 79,64$	106,01 $\pm 6,11$	232,00 $\pm 9,24$	3,60 $\pm 0,16$	0,40 $\pm 0,01$	31,71 $\pm 0,56$	8,87 $\pm 0,56$	0,14 $\pm 0,01$	25,83 $\pm 2,93$	95,00 $\pm 8,08$
CE1G2	89,49 $\pm 2,67$	672,01 $\pm 61,11$	225,95 $\pm 19,64$	897,97 $\pm 54,03$	221,51 $\pm 5,79$	228,00 $\pm 2,89$	2,43 $\pm 0,06$	0,32 $\pm 0,05$	15,64 $\pm 2,25$	6,40 $\pm 0,76$	0,07 $\pm 0,01$	37,40 $\pm 2,48$	153,33 $\pm 5,49$
CE1G3	79,02 $\pm 4,12$	723,31 $\pm 18,04$	154,94 $\pm 5,19$	878,25 $\pm 23,96$	192,45 $\pm 14,29$	140,00 $\pm 23,09$	3,42 $\pm 0,14$	0,34 $\pm 0,01$	38,38 $\pm 7,03$	11,44 $\pm 2,54$	0,31 $\pm 0,11$	20,30 $\pm 1,96$	92,00 $\pm 1,15$
CE2G1	76,84 $\pm 3,27$	289,36 $\pm 44,45$	31,85 $\pm 3,95$	321,21 $\pm 42,61$	52,40 $\pm 8,04$	209,50 $\pm 2,60$	3,77 $\pm 0,14$	0,45 $\pm 0,04$	30,94 $\pm 2,25$	8,29 $\pm 0,91$	0,15 $\pm 0,01$	32,25 $\pm 1,01$	113,33 $\pm 6,64$
CE2G2	81,68 $\pm 1,18$	299,27 $\pm 10,94$	88,37 $\pm 1,45$	387,64 $\pm 9,48$	185,08 $\pm 46,99$	239,00 $\pm 5,51$	2,94 $\pm 0,20$	0,52 $\pm 0,03$	29,21 $\pm 2,28$	9,98 $\pm 0,78$	0,12 $\pm 0,01$	39,40 $\pm 2,37$	174,00 $\pm 8,08$
CE2G3	85,47 $\pm 2,83$	201,60 $\pm 1,51$	43,90 $\pm 0,21$	245,49 $\pm 1,29$	59,60 $\pm 1,80$	230,00 $\pm 4,62$	2,93 $\pm 0,39$	0,17 $\pm 0,02$	15,79 $\pm 0,12$	5,61 $\pm 0,86$	0,07 $\pm 0,00$	39,35 $\pm 4,24$	155,33 $\pm 7,80$
CE3G1	88,16 $\pm 3,37$	1386,47 $\pm 137,18$	295,34 $\pm 52,70$	1681,81 $\pm 189,88$	337,28 $\pm 22,75$	206,0 $\pm 3,46$	2,81 $\pm 0,31$	0,12 $\pm 0,04$	17,87 $\pm 0,83$	6,48 $\pm 0,58$	0,09 $\pm 0,00$	77,55 $\pm 6,90$	477,00 $\pm 58,31$
CE3G2	88,74 $\pm 4,14$	593,98 $\pm 22,22$	215,94 $\pm 8,63$	809,92 $\pm 30,85$	188,32 $\pm 24,68$	345,50 $\pm 10,68$	1,66 $\pm 0,04$	0,10 $\pm 0,01$	9,51 $\pm 0,14$	5,75 $\pm 0,12$	0,03 $\pm 0,00$	43,90 $\pm 1,91$	321,00 $\pm 15,01$
CE3G3	85,96 $\pm 2,91$	1155,18 $\pm 103,71$	275,06 $\pm 35,36$	1430,23 $\pm 139,07$	280,77 $\pm 33,62$	292,00 $\pm 11,26$	2,38 $\pm 0,12$	0,12 $\pm 0,01$	9,11 $\pm 0,46$	3,74 $\pm 0,33$	0,03 $\pm 0,00$	55,50 $\pm 3,70$	260,33 $\pm 26,85$
CE4G1	90,28 $\pm 0,61$	159,14 $\pm 12,50$	31,13 $\pm 1,071$	190,27 $\pm 10,79$	46,63 $\pm 3,83$	209,00 $\pm 12,12$	3,62 $\pm 0,25$	0,24 $\pm 0,03$	15,08 $\pm 1,05$	4,18 $\pm 0,27$	0,07 $\pm 0,00$	58,43 $\pm 5,82$	191,00 $\pm 42,15$
CE4G2	86,53 $\pm 2,15$	138,27 $\pm 13,18$	32,35 $\pm 4,12$	170,62 $\pm 17,29$	45,55 $\pm 3,21$	258,50 $\pm 4,33$	3,10 $\pm 0,03$	0,34 $\pm 0,02$	22,69 $\pm 0,14$	7,33 $\pm 0,02$	0,09 $\pm 0,01$	48,50 $\pm 1,56$	250,33 $\pm 11,26$
CE4G3	87,70 $\pm 1,35$	487,55 $\pm 0,36$	48,54 $\pm 0,09$	536,09 $\pm 0,44$	126,45 $\pm 1,93$	214,00 $\pm 2,02$	3,21 $\pm 0,04$	0,31 $\pm 0,03$	25,18 $\pm 0,85$	7,86 $\pm 0,25$	0,12 $\pm 0,01$	51,80 $\pm 3,15$	287,67 $\pm 25,12$
CE5G1	77,76 $\pm 5,33$	218,43 $\pm 29,02$	49,47 $\pm 5,88$	267,90 $\pm 35,49$	86,51 $\pm 6,34$	274,50 $\pm 1,44$	3,66 $\pm 0,24$	0,39 $\pm 0,01$	25,81 $\pm 2,38$	7,03 $\pm 0,18$	0,09 $\pm 0,01$	24,40 $\pm 2,31$	146,00 $\pm 6,35$
CE5G2	86,52 $\pm 2,52$	1439,23 $\pm 76,14$	290,96 $\pm 25,16$	1730,19 $\pm 101,30$	365,84 $\pm 20,52$	150,50 $\pm 7,79$	3,48 $\pm 0,22$	0,38 $\pm 0,02$	22,13 $\pm 0,38$	6,40 $\pm 0,43$	0,15 $\pm 0,01$	40,30 $\pm 0,98$	167,00 $\pm 6,35$
CE5G3	82,33 $\pm 1,91$	642,39 $\pm 47,18$	138,90 $\pm 6,57$	781,28 $\pm 53,75$	168,52 $\pm 12,59$	231,50 $\pm 10,10$	3,69 $\pm 0,34$	0,37 $\pm 0,01$	24,26 $\pm 0,08$	6,70 $\pm 0,65$	0,11 $\pm 0,00$	40,20 $\pm 0,75$	166,33 $\pm 7,22$

CE - Condutividade elétrica da água, CE1 (0,3 dS m⁻¹); CE2 (1,1 dS m⁻¹); CE3 (1,9 dS m⁻¹); CE4 (2,7 dS m⁻¹); CE5 (3,5 dS m⁻¹); GEN - genótipos de maracujazeiro-azedo, G1 ('BRS GA1' - Gigante Amarelo); G2 ('BRS SC1' - Sol do Cerrado); G3 ('SCS 437 Catarina'); \pm - desvio padrão da amostra; CRA - conteúdo relativo de água (%); *Cl a* - clorofila *a* ($\mu\text{g mL}^{-1}$); *Cl b* - clorofila *b* ($\mu\text{g mL}^{-1}$); *Cl t* - clorofila total ($\mu\text{g mL}^{-1}$); CAR - carotenóides ($\mu\text{g mL}^{-1}$); *Ci* - concentração intercelular de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *E* - transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *gs* - condutância estomática ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *A* - taxa de assimilação de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *EiUA* - eficiência no uso da água ($[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]^{-1}$); *EiCi* - eficiência intrínseca de carboxilação ($[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})]^{-1}$); ETR - taxa de transporte de elétrons; PAR - radiação fotossinteticamente ativa.

Os efeitos dos tratamentos e as variáveis estão expressos nas Figuras 2A e 2B referente ao primeiro e segundo componente principal (CP1 e CP2). No primeiro componente principal (CP1) denota-se possível interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e os genótipos de maracujazeiro-azedo (CEa × GEN). Os coeficientes de correlação foram superiores a 0,70 para conteúdo relativo de água, clorofila *b*, transpiração, condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, eficiência no uso da água, eficiência intrínseca de carboxilação, taxa de transporte de elétrons e radiação fotossinteticamente ativa.



CE - Condutividade elétrica da água, CE1 (0,3 dS m⁻¹); CE2 (1,1 dS m⁻¹); CE3 (1,9 dS m⁻¹); CE4 (2,7 dS m⁻¹); CE5 (3,5 dS m⁻¹); G - genótipos de maracujazeiro-azedo, G1 ('BRS GA1' - Gigante Amarelo); G2 ('BRS SC1' -Sol do Cerrado); G3 ('SCS 437 Catarina'); CRA - conteúdo relativo de água; *Cl a* - clorofila *a*; *Cl b* - clorofila *b*; *Cl t* - clorofila total; CAR - carotenóides; *Ci* - concentração intercelular de CO₂; *E* - transpiração; *gs* - condutância estomática; *A* - taxa de assimilação de CO₂; *EiUA* - eficiência no uso da água; *EiCi* - eficiência intrínseca de carboxilação; ETR - taxa de transporte de elétrons; PAR - radiação fotossinteticamente ativa.

Figura 2. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores níveis condutividade elétrica da água – CEa e genótipos de maracujazeiro-azedo (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).

O maior conteúdo relativo de água (90,28%) foi do genótipo 'BRS GA1' sob irrigação com água de 2,7 dS m⁻¹ (CE4G1), equivalente a um aumento de 17,49% no CRA em comparação ao menor valor (76,84%), nas plantas submetidas a CEa de 1,1 dS m⁻¹ do mesmo genótipo (CE2G1) (Tabela 4).

Os maiores teores de clorofila *b* ($295,34 \mu\text{g mL}^{-1}$), foram obtidos pelo genótipo ‘BRS GA1’ com plantas irrigadas com CEa de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ (CE3G1), sendo superior em 848,73% ($264,21 \mu\text{g mL}^{-1}$) ao das plantas cultivadas sob CEa $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ do mesmo genótipo ($31,13 \mu\text{g mL}^{-1}$) (CE4G1).

Quanto à transpiração (*E*), o genótipo ‘BRS GA1’ irrigado com água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ (CE2G1), alcançou o maior valor ($3,77 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), sendo superior em 127,10% ($2,11 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ao obtido pelas plantas irrigadas com água de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ do genótipo ‘BRS SC1’, que alcançou o menor valor ($1,66 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). O comportamento de redução na transpiração em função do aumento da CEa de irrigação, pode estar associado a redução da condutância estomática e com o volume de água absorvido pelas raízes, em função da resposta a perda de água, que é limitada devido à redução do potencial osmótico da solução do solo (Prazeres et al., 2015) evitando a desidratação e o acúmulo de íons tóxicos nas células.

O genótipo ‘BRS SC1’ irrigado com água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ (CE2G2) apresentou a maior condutância estomática ($0,52 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Quando comparadas ao menor valor observado ($0,10 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) referente ao mesmo genótipo ‘BRS SC1’ irrigado com água de CE $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ (CE3G2), constata-se redução de $0,43 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Em plantas cultivadas sob condições de estresse salino, normalmente, a primeira resposta fisiológica é a redução da condutância estomática, como forma de compensar a restrição hídrica provocada pelo desbalanço osmótico no solo, levando a redução da transpiração foliar, a entrada de CO_2 na câmara subestomática e inibição da fotossíntese pela planta (Silva et al., 2018).

Resultados semelhantes também foram observados por Lima et al. (2023), avaliando os efeitos das estratégias de manejo da irrigação com água salina ($1,3$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$) em distintas fases fenológicas das plantas e adubação potássica, constataram que, a CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu redução na síntese de clorofila, transpiração e eficiência instantânea de carboxilação das plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, independentemente do estágio de desenvolvimento das plantas.

A maior taxa de assimilação de CO_2 ($38,38 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi do genótipo ‘SCS 437 Catarina’ irrigado com CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (CE1G3), superior em 321,29% ($29,26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ao obtido sob salinidade da água de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ (CE3G3), que alcançou o menor valor ($9,11 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Em plantas glicófitas, o excesso de sais inibe a formação de proteínas e aumenta a atividade da enzima clorofilase, que é responsável pela degradação dos pigmentos fotossintéticos e induzir o estresse oxidativo

por meio do acúmulo de espécies reativas de oxigênio, afetando negativamente a fotossíntese (Salimi et al., 2012; Khaliq et al., 2015).

Pinheiro et al. (2022), avaliando os efeitos das estratégias irrigação com água salina (1,3 e 4,0 dS m⁻¹) e adubação potássica no maracujazeiro-azedo, também observaram que a salinidade da água de irrigação de 4,0 dS m⁻¹ reduziu a condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂, independente da estratégia de manejo da irrigação. Redução na eficiência fotossintética em plantas de maracujazeiro-azedo com o incremento nos níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 a 4,5 dSm⁻¹) também foi observado por Souto et al. (2022).

A eficiência no uso da água (*EiUA*) apresentou comportamento semelhante ao obtido para a taxa de assimilação de CO₂ (Tabela 4), com o maior valor alcançado pelo genótipo ‘SCS 437 Catarina’, irrigado com água de 0,3 dS m⁻¹ (CE1G3), equivalente a 11,44 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹], valor 205,88% (7,69 - [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]) maior que o obtido pelo mesmo genótipo irrigado com água de 1,9 dS m⁻¹ (CE3G3).

A redução na *EiUA* com incremento da CEa de irrigação pode estar relacionada à estratégia das plantas para minimizar os efeitos deletérios da exposição à salinidade, havendo redução das trocas gasosas com objetivo de aumentar a eficiência no uso da água (Sá et al., 2019). Silva et al. (2021) também constataram redução na eficiência instantânea do uso da água em plantas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) em função do aumento na condutividade elétrica da água de irrigação (0,7 a 2,8 dS m⁻¹).

Para eficiência intrínseca de carboxilação (*EiCi*), nota-se que, o genótipo ‘SCS 437 Catarina’ irrigado com água de 0,3 dS m⁻¹ (CE1G3), alcançou o maior valor (0,31 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)⁻¹], constatando-se incremento de 933,33% (0,28 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)⁻¹]) em relação ao menor valor (0,03 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)⁻¹]), referente ao genótipo ‘BRS SC1’ irrigado com água de 1,9 dS m⁻¹ (CE3G2).

Em estudo desenvolvido por Andrade et al. (2019), com o maracujazeiro-azedo acesso ‘Guinezinho’ também constataram que, a salinidade da água de irrigação variando de 0,7 a 2,8 dS⁻¹ reduziu a eficiência instantânea da carboxilação das plantas, aos 61 e 96 dias após o transplantio. Lima et al. (2022b), também verificaram efeito negativo do estresse salino nas trocas gasosas do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, destacando-se redução na eficiência instantânea de carboxilação e a eficiência no uso da água das plantas irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ nas fases; vegetativa, floração, frutificação, e

sucessivamente nas fases vegetativa/floração e vegetativa/frutificação. A intensidade dos efeitos do estresse salino depende de fatores, como fase de desenvolvimento, tempo de exposição ao estresse, manejo da irrigação, condições edafoclimáticas, genótipo utilizado, dentre outros (Alvarenga et al., 2019).

Para a taxa de transporte de elétrons (ETR), o genótipo ‘BRS GA1’ irrigado com água de 1,9 dS m⁻¹ (CE3G1) obteve o maior valor (77,55), sendo 282,01% (57,25) superior ao obtido pelo genótipo ‘SCS 437 Catarina’ (20,30) irrigado com água de 0,3 dS m⁻¹ (CE1G3). De forma semelhante foi observado para a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), sendo calculada uma redução de 80,71% (385,00 μmol m⁻² s⁻¹) na PAR do genótipo ‘BRS GA1’ irrigado com água de 1,9 dS m⁻¹ (CE3G1) em relação ao genótipo ‘SCS 437 Catarina’ cultivado com água de 0,3 dSm⁻¹.

Ao verificar os resultados do componente principal 2, constata-se que os autovalores foram superiores a 0,66 para as variáveis correspondentes a; clorofila *a*, total, carotenoides e concentração intercelular de CO₂. Os maiores teores de clorofila *a* (*Cl a*), foram do genótipo ‘BRS SC1’ (1.439,23 μg mL⁻¹) irrigado com água de 3,5 dS m⁻¹ (CE5G2), sendo superior em 940,88% (1.300,96 μg mL⁻¹) ao obtido pelo genótipo ‘BRS SC1’ (138,27 μg mL⁻¹) irrigado com água de 2,7 dS m⁻¹ (CE4G2).

Os teores de clorofila total (*Cl t*) apresentaram comportamento semelhante ao dos teores de *Cl a* (Tabela 4), em que, o maior valor foi obtido pelo genótipo ‘BRS SC1’ (1.730,19 μg mL⁻¹) irrigado com água de 3,5 dS m⁻¹ (CE5G2). Esse valor corresponde a 914,06% (1.559,57 μg mL⁻¹) superior ao alcançado pelo mesmo genótipo irrigado com água de 2,7 dS m⁻¹ (CE5G2), que obteve 170,62 μg mL⁻¹.

Os teores de carotenoides (*Car*) também expressaram semelhanças ao observado para os teores de *Cl a* (Tabela 4), com maior valor alcançado pelo genótipo ‘BRS SC1’ (365,84 μg mL⁻¹) irrigado com água de 3,5 dS m⁻¹ (CE5G2), sendo 703,16% superior ao mesmo genótipo sob irrigação com água de 2,7 dS m⁻¹ (45,55 μg mL⁻¹).

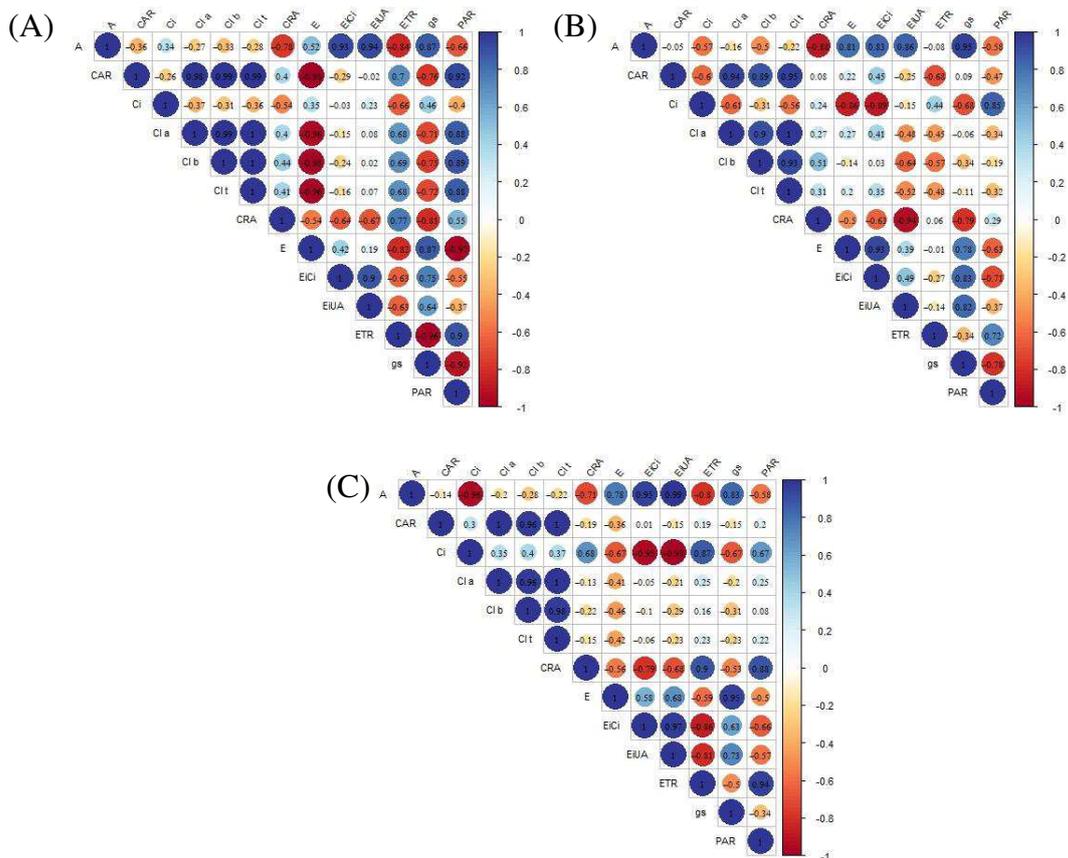
O fato dos maiores teores de clorofila *a*, total e carotenoides serem encontrados no maior nível de condutividade elétrica da água de irrigação (3,5 dS m⁻¹) pode estar relacionado às características intrínsecas do genótipo ‘BRS Sol do Cerrado’. A síntese dos teores de clorofila em plantas submetidas ao estresse salino tem apresentado divergência entre diversos autores, enquanto alguns registram redução, outros reportam incrementos (Sacramento et al., 2014). Paiva et al. (2021a), estudando os efeitos da salinidade (0,3 e 3,5 dS m⁻¹) de distintas naturezas catiônicas da água de irrigação no maracujazeiro-azedo ‘BRS Rubi do Cerrado’, notaram que, o uso de água com

condutividade elétrica de 3,5 dS m⁻¹ de natureza sódica (Na⁺) promoveu a maior síntese de clorofila *a*, *b* e carotenoides das plantas, aos 180 dias após o transplantio.

Para a concentração intercelular de CO₂ (Tabela 4), o maior valor (345,50 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi do genótipo BS SC1 irrigado com água de 1,9 dS m⁻¹ (CE3G2). Por outro lado, o menor valor (140,00 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi do genótipo ‘SCS 437 Catarina’, sob irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹. O aumento na *C_i* é indicativo de deterioração da estrutura fotossintética, pois os danos causados às estruturas responsáveis pela fixação de CO₂ se devem também pelo acúmulo de sais nas folhas. O incremento da concentração interna de CO₂ é atribuído a baixa atividade da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO) (Hussain et al., 2012; Lima et al., 2020d) e aos efeitos do estresse salino, em função do efeito osmótico, que limita a absorção de água, as plantas tendem a fechar os estômatos, com intuito de reduzir a perda de água para a atmosfera.

Paiva et al. (2021b), estudando os efeitos da salinidade da água (0,3 e 3,5 dS m⁻¹) de distintas naturezas catiônicas no cultivo do maracujazeiro-azedo ‘BRS Rubi do Cerrado’, observaram que a salinidade da água de 3,5 dS m⁻¹ reduziu as trocas gasosas, sendo a condutância estomática e a transpiração as variáveis mais sensíveis, independente da natureza catiônica da água.

As alterações nas variáveis fisiológicas para cada genótipo são apresentadas na matriz de correlação de Pierson (Figura 3), com todos os genótipos apresentando correlação positiva forte entre a taxa de assimilação de CO₂ com a condutância estomática (>0,80), bem como com as eficiências intrínsecas do uso da água (>0,85) e carboxilação (>0,80). Comportamento similar ao obtido para os pigmentos fotossintéticos, que possuem correlação superior a 0,90 entre si, mas com correlação fraca da taxa de assimilação de CO₂.



CRA - conteúdo relativo de água (%); *Cl a* - clorofila *a* ($\mu\text{g mL}^{-1}$); *Cl b* - clorofila *b* ($\mu\text{g mL}^{-1}$); *Cl t* - clorofila total ($\mu\text{g mL}^{-1}$); CAR - carotenóides ($\mu\text{g mL}^{-1}$); *Ci* (concentração intercelular de CO_2 - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *E* - transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *gs* - condutância estomática ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *A* - taxa de assimilação de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); *EiUA* (eficiência no uso da água - $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$); *EiCi* (eficiência intrínseca de carboxilação - $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$); ETR (taxa de transporte de elétrons); PAR (radiação fotossinteticamente ativa).

Figura 3. Matriz de correlação de Pearson para as variáveis analisadas dentro dos níveis de condutividade elétrica nos genótipos ‘BRS GA1’ - Gigante Amarelo (A), ‘BRS SC1’ - Sol do Cerrado (B) e ‘SCS 437’ – Catarina (C) aos 154 dias após o transplante.

Para o genótipo ‘BRS Gigante Amarelo’ (Figura 3A), diferindo dos demais genótipos, a transpiração apresenta correlação negativa forte com os pigmentos fotossintéticos ($< -0,90$), similar ao observado para a condutância estomática, que apresentou a correlação na faixa de $-0,70$, e diferindo da radiação fotossinteticamente ativa, que mantém correlação positiva superior a $0,88$ com essas variáveis.

A taxa de transporte de elétrons apresenta respostas distintas entre os genótipos, evidenciando a menor influência no genótipo ‘BRS Sol do Cerrado’ (Figura 3B), com correlações inferiores a $0,50$ na maioria das variáveis, com exceção as correlações negativas observadas encontradas na clorofila *b* ($-0,57$) e carotenóides ($-0,68$), sendo que a ETR apresenta correlação positiva forte ($>0,70$) com a PAR em todos os genótipos.

O conteúdo relativo de água se correlaciona de forma negativa com as variáveis de trocas gasosas em todos os genótipos, com exceção do C_i no genótipo ‘SCS 437 Catarina’, que apresentou correlação positiva de 0,68 (Figura 3C). Além disso, o CRA apresentou correlação positiva forte com a ETR e PAR nos genótipos ‘BRS Gigante Amarelo’ e ‘SCS 437 Catarina’, sem efeito no ‘BRS Sol do Cerrado’.

Conforme os componentes principais, a relação inversa entre a C_i e A , pode ser relacionada ao consumo de carbono para o funcionamento do ciclo de Calvin em baixas salinidades. Porém, o efeito mais expressivo se evidencia nos genótipos 2 e 3, com correlação forte do consumo de carbono e fotossíntese. Diferente do genótipo ‘BRS Gigante Amarelo’ que apresentou uma correlação positiva fraca da fotossíntese e a entrada de carbono, sendo esse comportamento proveniente dos elevados valores de trocas gasosas na salinidade inicial, que mesmo consumindo carbono pela atividade da RuBisCO, consegue manter elevada a entrada do carbono atmosférico pelos estômatos, processo que é afetado com o acúmulo de sais no solo (Gupta e Huang, 2014; Azevedo Neto et al., 2020).

Neste trabalho, constatou-se que houve uma variação considerável nas variáveis fotossintéticas em função dos tratamentos, isto possivelmente, está relacionado a também variabilidade observada radiação fotossinteticamente ativa (PAR), que pode ter sido ocasionada por fatores externos, como, por exemplo, condições climáticas no espaço-tempo impostas durante a realização das avaliações, visto que, o experimento foi desenvolvido em campo, estando sujeito a ação de fatores externos, como a presença de partículas de poeira sob a superfície foliar, variações de luminosidade ocasionadas pela presença de nuvens passageiras, temperatura, umidade, dentre outros fatores edafoclimáticos característicos da região onde o estudo foi realizado.

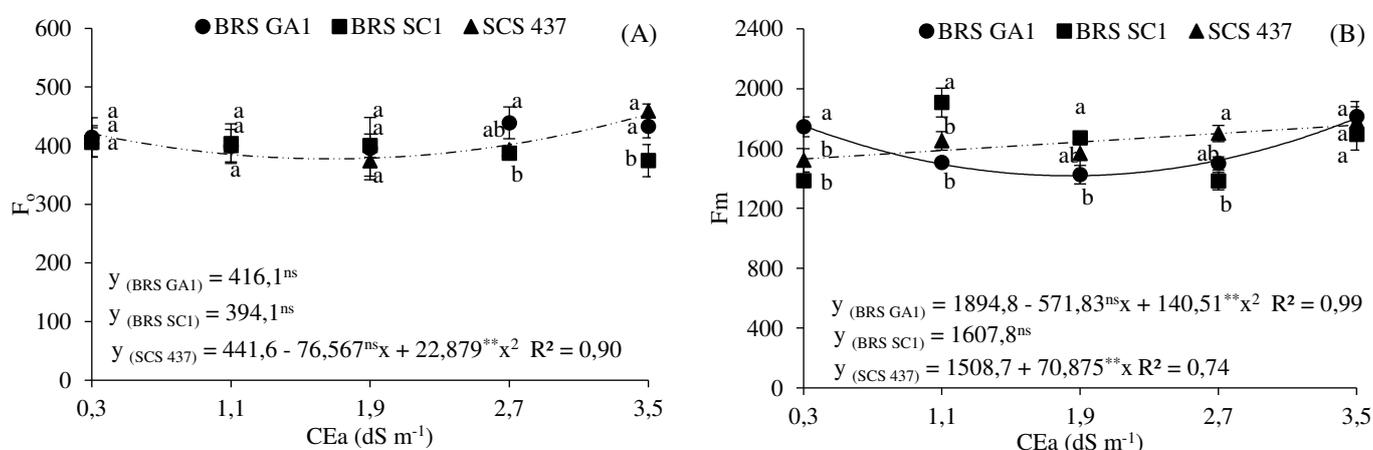
Houve interação entre os fatores (CEa × GEN) para todas as variáveis analisadas (Tabela 5). A condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) afetou significativamente, com exceção da fluorescência inicial (F_0), todas as demais variáveis mensuradas aos 154 dias após o transplante. Verifica-se ainda que não houve efeito significativo dos genótipos sob nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 5. Resumo das análises de variâncias referentes a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob salinidade da água de irrigação, aos 154 dias após o transplântio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	1312,57 ^{ns}	96165,81 ^{**}	65375,66 ^{**}	0,02 ^{**}
Regressão Linear	1	664,22 ^{ns}	62357,34 [*]	2230,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	4165,87 [*]	58933,53 [*]	249600,50 ^{**}	0,04 ^{**}
Genótipos (GEN)	2	1857,05 ^{ns}	8633,95 ^{ns}	13440,15 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Interação (CEa × GEN)	8	1713,15 [*]	87023,17 ^{**}	17940,35 [*]	0,02 [*]
Blocos	2	21774,15	85552,15	102639,62	0,00
Resíduo	28	581,50	11812,66	6728,00	0,00
CV (%)		5,94	6,72	6,76	4,33

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

Para a fluorescência inicial – F_0 , o genótipo ‘SCS 437 Catarina’ obteve o menor valor estimado (377,56) sob CEa de 1,7 dS m⁻¹ e o maior valor de 445,75 sob CEa de 3,4 dS m⁻¹ (Figura 4A). Para os genótipos ‘BRS GA1’ e ‘BRS SC1’ os dados de F_0 não tiveram ajustes satisfatórios aos modelos testados ($R^2 < 0,6$).



Marcadores com a mesma letra não há diferença significativa entre as médias dos genótipos de maracujazeiro-azedo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), ns, ** e * representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). Genótipos de maracujazeiro-azedo, ‘BRS GA1’ – (Gigante Amarelo); ‘BRS SC1’ – (Sol do Cerrado); ‘SCS 437’ – (Catarina).

Figura 4. Fluorescência inicial – F_0 (A) e fluorescência máxima – F_m (B) de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.

A partir dos dados, observa-se diferença significativa entre os genótipos apenas quando foram submetidos à CEa de irrigação a partir de 2,7 dS m⁻¹. Sob a CEa de 2,7 dS

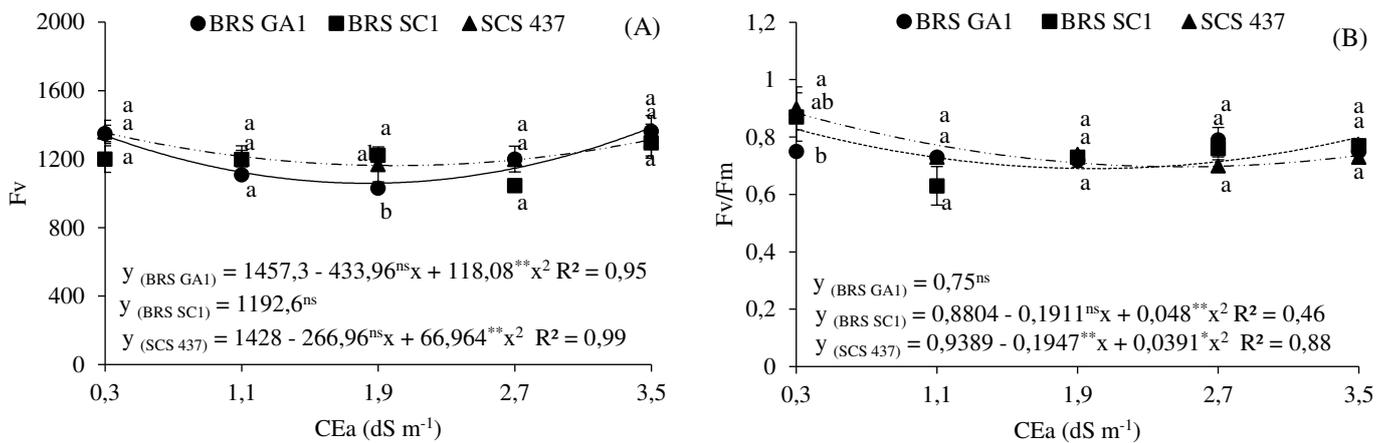
m^{-1} , o genótipo ‘BRS GA1’ teve o valor médio mais elevado (439), sendo estatisticamente superior ao genótipo ‘BRS SC1’ (387) (Figura 4A). Quando submetidos à CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, os maiores valores foram alcançados pelos genótipos ‘SCS 437 Catarina’ e ‘BRS GA1’, equivalente a 459, e 433, respectivamente, sendo estatisticamente superiores ao ‘BRS SC1’.

A fluorescência máxima (Fm) das plantas do genótipo ‘BRS GA1’ irrigadas com CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ alcançou o maior valor estimado (1803,64) (Figura 4B). Já o menor valor estimado foi obtido quando se utilizou água de $\text{CE} = 1,8 \text{ dS m}^{-1}$, (1417,96). Para o genótipo ‘SCS 437 Catarina’, houve um incremento linear de 4,70% por aumento unitário da CEa. Ao comparar a Fm do genótipo ‘SCS 437 Catarina’ submetido a CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as que receberam $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, verifica-se aumento de 14,82% (226,80).

Para a Fm, variações genótípicas em função das CEa de irrigação (Figura 4B). Sob CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, o ‘BRS GA1’ foi estatisticamente superior aos demais genótipos, com incremento de 26,00% e 14,72% em relação ao ‘BRS SC1’ e ‘SCS 437 Catarina’, respectivamente. Sob CEa de 1,1 e $1,9 \text{ dS m}^{-1}$, o ‘BRS SC1’ se destacou em relação aos demais genótipos, sendo 26,54% e 15,50% superior ao ‘BRS GA1’ e ‘SCS 437 Catarina’, respectivamente quando irrigado com água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ e, 17,26% superior ao ‘BRS GA1’ quando irrigado com água de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$. Quando as plantas foram submetidas a CEa de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$, o genótipo ‘SCS 437 Catarina’ obteve o maior valor médio (1700), sendo 23,01% superior ao genótipo ‘BRS SC1’. Observa-se não haver diferença estatística entre os genótipos quando irrigados com água de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Para a fluorescência variável (Fv), os resultados obtidos pelos genótipos ‘BRS GA1’ e ‘SCS 437 Catarina’, se ajustaram ao modelo de regressão quadrática (Figura 5A), sendo para o BRS GA1 o valor máximo e mínimo estimado de 1384,92 e 1058,75 obtidos nas plantas submetidas a CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Comportamento semelhante pode ser observado para o genótipo ‘SCS 437 Catarina’, onde os valores, máximo e mínimo foram estimados nas CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, equivalentes a 1353,94 e 1161,94, respectivamente.

No desdobramento da interação para Fv, nota-se diferença significativa entre os genótipos apenas quando foram submetidos a CEa de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$, onde o ‘BRS SC1’ obteve o maior valor (1223), sendo igual ao valor obtido pelo ‘SCS 437 Catarina’ e estatisticamente superior ao ‘BRS GA1’ (1030), valor este 15,78% inferior ao observado pelo genótipo ‘BRS SC1’ (Figura 5A).



Marcadores com a mesma letra não há diferença significativa entre as médias dos genótipos de maracujazeiro-azedo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), ns, ** e * representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). Genótipos de maracujazeiro-azedo, ‘BRS GA1’ – (Gigante Amarelo); ‘BRS SC1’ – (Sol do Cerrado); ‘SCS 437’ – (Catarina).

Figura 5. Fluorescência variável – Fv (A) e eficiência quântica do fotossistema II – Fv/Fm (B) de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.

A eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) dos genótipos ‘BRS SC1’ e ‘SCS 437 Catarina’ se ajustaram ao modelo de regressão quadrática (Figura 5B), que obtiveram valores máximos estimados de 0,827 e 0,884, respectivamente, sob irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹. No desdobramento da interação, percebe-se diferença significativa entre os genótipos apenas quando foram submetidos a CEa de 0,3 dS m⁻¹, onde o ‘SCS 437 Catarina’ obteve o maior valor (0,9), sendo igual ao valor obtido pelo ‘BRS SC1’ e estatisticamente superior ao ‘BRS GA1’ (0,75), valor este 16,66% inferior ao observado pelo genótipo ‘SCS 437 Catarina’ (Figura 5B).

Diniz et al. (2021), estudaram o efeito da irrigação com água de distintas condutividades elétricas (0,3 a 3,1 dSm⁻¹) e adubação com silício (0, 25, 50 e 100 g) em mudas de maracujazeiro-azedo ‘BRS Gigante Amarelo’ e constataram efeito deletério da CEa de irrigação sob o desempenho do fotossistema II.

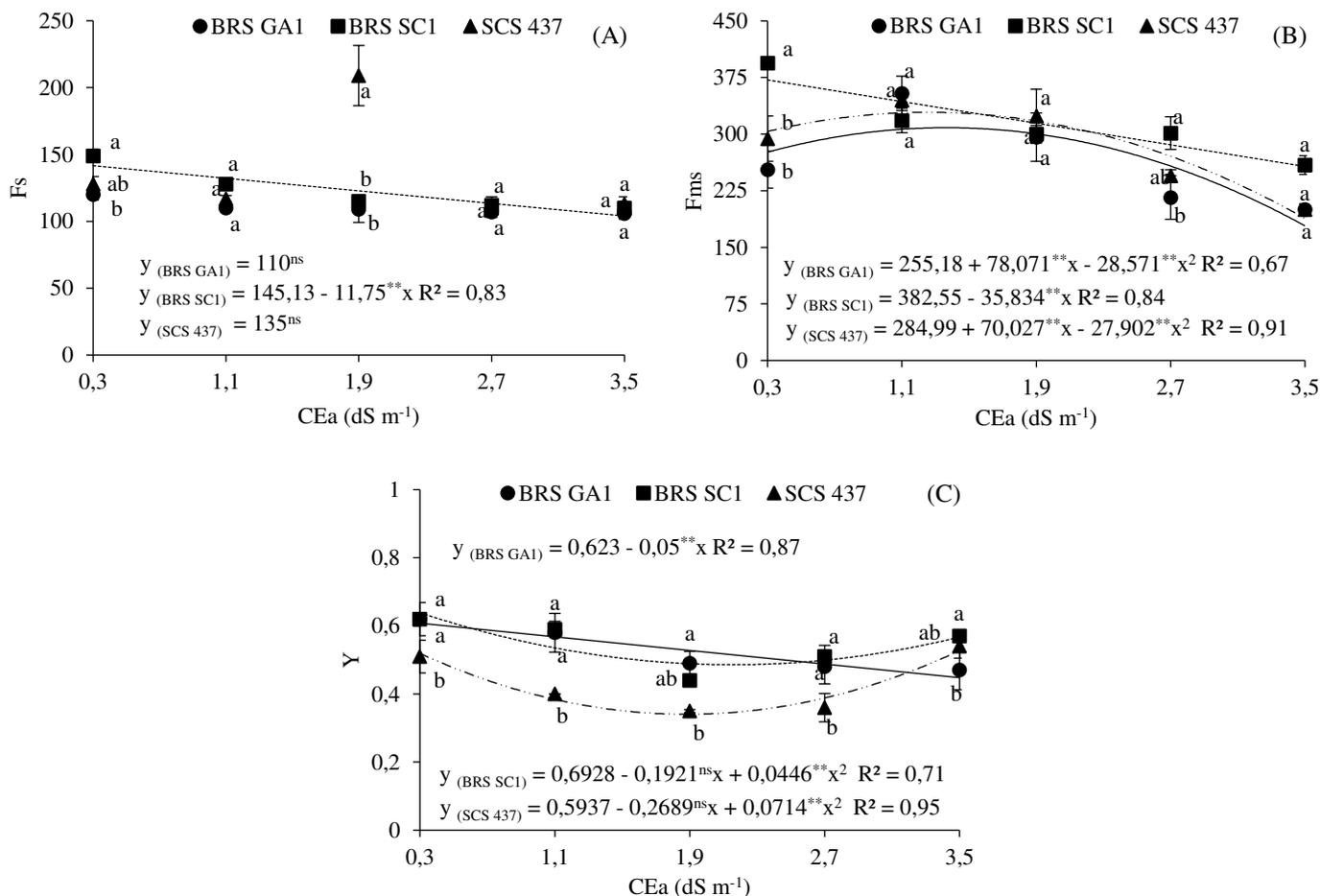
Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × GEN) para quase todas as variáveis avaliadas, com exceção da temperatura foliar (LTemp) (Tabela 6). Os níveis de CEa de irrigação influenciaram quase todas as variáveis, com exceção da LTemp. Para os genótipos, observa-se efeito significativo apenas para a variável temperatura foliar das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 154 dias após o transplântio.

Tabela 6. Resumo das análises de variâncias referentes à fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), fluorescência máxima após a adaptação à luz saturante (Fms), eficiência quântica potencial do fotossistema II (Y) e temperatura foliar (LTemp) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob salinidade da água de irrigação, aos 154 dias após o transplantio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		Fs	Fms	Y	LTemp
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	2357,88**	21234,08**	0,03**	1,31 ^{ns}
Regressão Linear	1	3074,17**	67240,00**	0,03**	0,18 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	528,28 ^{ns}	12520,12**	0,10**	0,58 ^{ns}
Genótipos (GEN)	2	1912,08**	9881,31**	0,05**	0,20 ^{ns}
Interação (CEa × GEN)	8	2146,42**	4205,16**	0,00*	0,08 ^{ns}
Blocos	2	401,42	6175,31	0,02	5,22
Resíduo	28	150,18	914,99	0,00	0,16
CV (%)		10,03	10,55	10,05	1,30

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

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu redução linear na fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs) das plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’, cujo decréscimo por aumento unitário de CEa foi de 8,1% (Figura 6A). Os dados referentes aos genótipos ‘BRS GA1’ e ‘SCS 437 Catarina’ não obtiveram ajustes satisfatórios para os modelos de regressão estudados. Segundo Lima et al. (2018), a redução da fluorescência em plantas cultivadas sob salinidade é ocasionada por alterações no estado das membranas tilacóides dos cloroplastos, desencadeando mudanças nas características dos sinais de fluorescência.



Marcadores com a mesma letra não há diferença significativa entre as médias dos genótipos de maracujazeiro-azedo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), ns, ** e * representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). Genótipos de maracujazeiro-azedo, ‘BRS GA1’ – (Gigante Amarelo); ‘BRS SC1’ – (Sol do Cerrado); ‘SCS 437’ – (Catarina).

Figura 6. Fluorescência inicial antes do pulso de saturação – Fs (A), fluorescência máxima após adaptação da luz saturante – Fms (B) e eficiência quântica potencial do fotossistema II – Y (C) de genótipos de maracujazeiro-azedo em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplantio.

No desdobramento dos genótipos em cada nível de CEa, as plantas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, o maior valor médio da Fs foi obtido pelo ‘BRS SC1’ equivalente a 149, estatisticamente superior ao genótipo ‘BRS GA1’ (120), sendo este valor 19,46% inferior ao obtido ‘BRS SC1’ (Figura 6A). Já quando submetidas a CEa de 1,9 dS m⁻¹, o ‘SCS 437 Catarina’ teve maior valor (209), sendo estatisticamente superior aos genótipos ‘BRS GA1’ e ‘BRS SC1’, sendo calculado incremento de 91,74% e 81,73% na Fs obtida pelo ‘SCS 437 Catarina’ em comparação aos genótipos ‘BRS GA1’ e ‘BRS SC1’, respectivamente. Observa-se não haver diferença significativa na Fs quando os genótipos foram submetidos as demais CEa de irrigação.

Observa-se redução da Fms nos genótipos de maracujazeiro-azedo com o aumento da CEa de irrigação (Figura 6B). Os genótipos ‘BRS GA1’ e ‘SCS 437 Catarina’ se ajustaram ao modelo de regressão quadrática, com os valores máximos estimados em 308,48 e 328,87, respectivamente, sob irrigação de 1,3 dS m⁻¹. Já o genótipo ‘BRS SC1’ apresentou comportamento linear decrescente, sendo estimada redução de 30,84% da Fms em comparação da menor CEa (0,3 dS m⁻¹) em relação a maior CEa (3,5 dS m⁻¹), o que corresponde uma diminuição de 9,36% por aumento unitário da condutividade CEa de irrigação.

Para o desdobramento dos genótipos dentro de cada nível CEa de irrigação, observa-se que, quando irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, observa-se que, o maior valor da Fms foi obtido pelo genótipo ‘BRS SC1’ equivalente a 394, estatisticamente superior aos genótipos ‘BRS GA1’ e ‘SCS 437 Catarina’, sendo constatados incrementos de 55,73% e 34,01% do ‘BRS SC1’ em comparação aos genótipos ‘BRS GA1’ e ‘SCS 437 Catarina’, respectivamente (Figura 6B). Quando submetidas a CEa de 2,7 dS m⁻¹, o ‘BRS SC1’ também teve o maior valor (301,33), contudo, foi estatisticamente superior apenas ao genótipo ‘BRS GA1’. Observa-se não haver diferença significativa na Fs quando os genótipos foram submetidos as CEa de irrigação de 1,1; 1,9 e 3,5 dS m⁻¹.

Para a eficiência quântica potencial do fotossistema II (Y) os genótipos ‘BRS SC1’ e ‘SCS 437 Catarina’ ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática, com os valores máximos estimados em 0,639 e 0,527, sob irrigação de 0,3 dS m⁻¹ e 3,5 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 6C). Já os dados do genótipo ‘BRS GA1’ se ajustaram ao modelo de regressão linear decrescente, sendo estimada a redução de 26,32% da Y quando comparado a menor CEa (0,3 dS m⁻¹) em relação a maior CEa (3,5 dS m⁻¹), equivalente a uma redução de 8,02% por aumento unitário da condutividade CEa de irrigação.

A diminuição na Y das plantas sob estresse salino indica que, uma menor quantidade de energia de excitação foi utilizada para a síntese de ATP e NADPH nos cloroplastos (Taiz et al.,2017). Esta redução é frequentemente atribuída ao desbalanço na taxa de transporte de elétrons e a redução do consumo de ATP e NADPH durante o processo de assimilação de CO₂ pelas plantas (Silva et al., 2012; Pompeiano et al., 2016)

No desdobramento da interação dos genótipos em função da CEa de irrigação, para a Y, sob as CEa de 0,3; 1,1 e 2,7 dS m⁻¹, os genótipos ‘BRS GA1’ e ‘BRS SC1’ foram estatisticamente superiores ao genótipo ‘SCS 437 Catarina’, com reduções de 17,74% e 17,72% na CEa de 0,3 dS m⁻¹, respectivamente, 31,03% e 32,20%, sob CEa de 1,1 dS m⁻¹, respectivamente e, 25% e 29,41%, respectivamente sob CEa de 2,7 dS m⁻¹

(Figura 6C). Quando submetidas a CEa de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$, o 'BRS GA1' obteve o maior valor (0,49), sendo estatisticamente superior ao genótipo 'SCS 437 Catarina', contudo, não diferiu do 'BRS SC1'. Sob CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, o maior valor (0,57) foi obtido pelo 'BRS SC1' sendo estatisticamente superior ao genótipo 'BRS GA1', contudo não houve diferenças significativas em relação ao genótipo 'SCS 437 Catarina'.

4. CONCLUSÕES

O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação afeta negativamente as trocas gasosas dos genótipos de maracujazeiro-azedo, aos 154 dias após o transplântio.

O genótipo 'BRS Sol do Cerrado' aumenta a síntese de pigmentos fotossintéticos quando irrigado com água de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

A salinidade da água de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, não compromete a eficiência fotoquímica dos genótipos de maracujazeiro-azedo, aos 154 dias após o transplântio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, C. F. S.; Silva, E. M.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Silva, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- Andrade, E. M. G.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Silva, S. S. da; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.12, p.945-951, 2019.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- Azevedo Neto, A. D. de.; 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*, v. 44, e. 020120, p.1-14, 2020.
- Baneh, H. D.; Hassani, A.; Shaieste, F. G. Effects of salinity on leaf mineral composition and salt injury symptoms of some Iranian wild grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris*) genotypes. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.48, n.4, p.231-235, 2014.
- Brito, M. E. B.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Soares Filho, W. dos S.; Suassuna, J. F. Screening of citrus scion-rootstock combinations for tolerance to water salinity during seedling formation. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, e-48163, p.1-14, 2021.
- Coelho, M. A.; Soncin, N. B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- Costa, A. de F. S.; Costa, A. N.; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. de M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. de. *Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro*. Vitória, ES: Incaper (Incaper. Documentos, 162). 2008. 56p.
- Diniz, G. L. Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R. Irrigation with saline water and silicate fertilization in the cultivation of ‘Gigante Amarelo’ passion fruit. *Revista Caatinga*, v.34, n.1, p.199-207, 2021.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Híbrido de maracujazeiro-azedo de alta produtividade: BRS Gigante Amarelo. Brasília, DF. 2014a. 2p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Híbrido de maracujazeiro-azedo para mesa e indústria: BRS Sol do Cerrado. Brasília, DF. 2014b. 2p.

- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- Fonseca, A. M. A.; Geraldi, M. V.; Maróstica Junior, M. R.; Silvestre, A. J. D.; Rocha, S. M. Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. *Food Research International*, v. 160, n.8, p. 1-24, 2022.
- 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*, v.291, n.1. p.39-54, 2007.
- Gupta, B.; Huang, B. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. *International Journal of Genomics*, v. 2014, p. 1-18, 2014.
- Hair, F. J.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman. 2009. 688p.
- Hotelling, H.; Eisenhart, C.; Hastay, M. W.; Wallis, W. A. Multivariate quality control. *Techniques of statistical analysis*. New York: John Wiley & Sons. 1947. 73p.
- Hussain, S.; Luro, F.; Costantino, G.; Ollitrault, P.; Morillon, R. Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. *South African Journal of Botany*, v.81, p.103-112, 2012.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área plantada e quantidade produzida. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: jan. de 2024.
- Isayenkoy, S. V.; Maathuis, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p.1-11, 2019.
- Kaiser, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, v. 20, n.1, p.141-151. 1960.
- Khaliq, A.; Haq, M. Z. U.; Aslam, F. Matloob, A. Saddam, H. Salinity tolerance in wheat cultivars is related to enhanced activities of enzymatic antioxidants and reduced lipid peroxidation. *CLEAN - Soil, Air, Water*, v.43, n.8, p.1248-1258, 2015.

- Liang, W.; Ma, X.; Wan, P.; Liu, L. Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v. 495, n. 1, p. 286-291, 2018.
- Lima, A. F. da S.; Luz, L. N. da; Santos, M. F. dos; Silva Filho, F. V. da; Gouveia, F. A. de L.; Casemiro, J. A. de. O. Eficiência fisiológica e desempenho do amendoim sob estresse salino e inoculado com *Bradyrhizobium*. *Water Resources and Irrigation Management*, v.11, n.1-3, p.22-35, 2022a.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Dias, A. S.; Gheyi, H. R.; Silva, S. S. da; Soares, L. A. dos A.; Silva, A. A. R. da; Fernandes, P. D.; Dantas, J. S. Water status, cell damage and gas exchanges in West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) under salt stress and nitrogen fertilization. *Australian Journal of Crop Science*, v.14, n.2, p. 319-324, 2020d.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos; Sousa, P. F. do; 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*, v.26, n.3, p.180-189, 2022b.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Queiroga, R. C. F. de; Fernandes, P. D. Physiological indices of sour passion fruit under brackish water irrigation strategies and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n.5, p.383-392, 2023.
- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Souza, L. de P.; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian Cherry. *Revista Ambiente & Água*, v.13, n. 3, p. 1-12, 2018.
- Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, n.1, p.184-194, 2020a.
- Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, V. K. N. de. Dano celular e pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo em função da natureza catiônica da água. *Irriga*, v.25, n.4, p.663-669, 2020c.
- Medeiros, J. F.; Lisboa, R. A.; Oliveira, M. 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*, v.7, p.469-472, 2003.
- Oliveira, F. F. M.; Morais, M. B.; Silva, M. E. S.; Saraiva, Y. K. F.; Arruda, M. V. M.; Silva, J. N. C.; Albuquerque, C. C. Ecophysiological response of *Lippia gracilis* (Verbanaceae) to duration of salt stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 178, p. 202-210, 2019.
- Paiva, F. J. da S.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Nunes, K. G.; Fernandes, P. D. Gas exchange and production of passion fruit as affected by cationic nature of irrigation water. *Revista Caatinga*, v. 34, n. 4, p. 926-936, 2021b.
- Paiva, F. J. da S.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Ramos, J. G.; Gheyi, H. R.; Farias, M. S. S. de; Fernandes, P. D.; Azevedo, C. A. V. de. Growth, photosynthetic pigments, and photochemical efficiency of sour passion fruit as a function of the cationic nature of water. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n.2, p.583-598, 2021a.
- Petry, H. B.; Bruna, E. D.; Moreto, A. L.; Brancher, A. Sônego, M. 'SCS437 Catarina': Maracujá-azedo de alta qualidade para o mercado de mesa. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 49-52, 2019.
- Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, S. G. de; Silva, F. A. da. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. *Revista Ciência Agronômica*, v. 53, e20217816, p. 1-11, 2022.
- Pompeiano, A.; Landi, M.; Meloni, G.; Vita, F.; Guglielminetti, L.; Guidi, L. Allocation pattern, ion partitioning, and chlorophyll *a* fluorescence in *Arundo donax* L. in responses to salinity stress. *Plant Biosystems*, v.151, n. 4, p. 613-622, 2016.
- Prazeres, S. S.; Lacerda, C. F.; Barbosa, F. E. L.; Amorim, A. V.; Araújo, I. C. S.; Cavalcante, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente*, v. 9, n. 2, p.111-118, 2015.
- Rajkumar; Singh, A.; Mann, A.; Yadav, R. K. Performance evaluation of pomegranate (*Punica granatum*) genotypes under saline conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v.90, n.5, 957-962, 2020.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S, Department of Agriculture. 1954. 160 p.

- Sá, F. V. S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Paiva, E. P.; Silva, L. de A. Ecophysiology of west indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. *Bioscience Journal*, v.35, n.1, p.211-221, 2019.
- Sacramento, B. L. do; Cruz, T. S.; Silva, L. L.; Mota, K. N. A. B.; Azevedo Neto, A. D. de. Pigmentos e teores de solutos orgânicos em plantas de aguapé sob estresse salino. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.18; p. 33-54, 2014.
- Salimi, F.; Shekari, F.; Azimir, M. R.; Zangani, E. Role of methyl jasmonate on improving salt resistance through some physiological characters in German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* v.27, p.700-711, 2012.
- Silva, E. N.; Ribeiro, R. V.; Silva-Ferreira, S. L.; Vieira, S. A.; Ponte, L. F. A.; Silveira, A. G. Coordinate changes in photosynthesis, sugar accumulation and anti-oxidative enzymes improve the performance of *Jatropha curcas* plants under drought stress. *Biomass and Bioenergy*, v. 45, n. 1, p. 270-279, 2012.
- Silva, J. L. de A.; Medeiros, J. F. de; Alves, S. S. V.; Oliveira, D. de A. de; Silva Junior, m. J. da; Nascimento, I. B. do. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, (Suplemento), p.566-572, 2014.
- Silva, E. M. da; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Sá, F. V. da S.; Souza, L. de P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.11, p.776-781, 2018.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V de; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Hydrogen peroxide in the acclimation of yellow passion fruit seedlings to salt stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 2, p. 116-123, 2021.
- Soares, L. A. dos A.; Felix, C. M.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, L. A.; Fernandes, P. D. Gas exchange, growth, and production of cotton genotypes under water deficit in phenological stages. *Revista Caatinga*, v.36, n.1, p.145-157, 2023.
- Souto, A. D. de L.; Cavalcante, L. F.; Melo, E. N. de; Cavalcante, Í. H. L.; Oliveira, R. Í. L. da S.; Mesquita, E. F. de; Mendonça, R. M. N. Gas exchange and yield of grafted yellow passion fruit under salt stress and plastic mulching. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, n.11, p.823-830, 2022.
- Statsoft, I. N. C. (2004). Programa computacional Statistica 7.0. E. A. U.

- Stavi, I.; Thevs, N.; Priori, S. Soil Salinity and Sodicity in Drylands: A Review of Causes, Effects, Monitoring, and Restoration Measures. *Frontiers in Environmental Science*, v. 9, p. 1-16, 2021.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Myller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: ARTMED, 2017. 858p.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 573 p. 2017.
- Vangelisti, A.; Zambrano, L. S.; Caruso, G.; Macheda, D.; Bernardi, R.; Usai, G.; Giordani, F. M. T.; Gucci, R.; Cavallini, A.; Natali, L. How an ancient, salt-tolerant fruit crop, *Ficus carica* L., copes with salinity: a transcriptome analysis. *Scientific Reports*, v.9, n.1, p.1-13, 2019.
- Weatherley, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field easurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v.49, n.1, p.81-97, 1950.
- Zhao, L.; Wu, L.; Li, L.; Zhu, J.; Chem, X.; Zhang, S.; Lee, L. Yan, J-K. Physicochemical, structural, and rheological characteristics of pectic polysaccharides from fresh passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L.) peel. *Food Hydrocolloids*, v. 136, part A, p.1-12, 2023.

CAPÍTULO III

IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS NO CULTIVO DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS NO CULTIVO DE GENÓTIPOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO: Diante da escassez qualitativa dos recursos hídricos no semiárido brasileiro, o uso de águas com níveis elevados de sais torna-se uma prática comum entre os produtores desta região. Assim, a identificação de genótipos de maracujazeiro-azedo tolerantes ao estresse salino é uma alternativa promissora para a expansão da agricultura irrigada. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a tolerância de genótipos de maracujazeiro-azedo em função da irrigação com águas salinas. O experimento foi desenvolvido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condições de campo aberto, em São Domingos – PB. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5×3 , cujos tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1}) e três de genótipos de maracujazeiro-azedo (Gigante Amarelo – ‘BRS GA1’; Sol do Cerrado – ‘BRS SCS1’ e Catarina – ‘SCS 437 Catarina’), com três repetições, totalizando 45 unidades experimentais. A salinidade da água a partir de 0,3 dS m^{-1} diminuiu o conteúdo relativo de água, as trocas gasosas, o número de frutos, a produção por planta e elevou o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 154 dias após o transplante. Os genótipos de maracujazeiro-azedo BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e SCS437 Catarina foram classificados como sensíveis a salinidade da água, sendo os níveis de salinidade de água limiar de 0,3; 1,0 e 0,3 dS m^{-1} , respectivamente.

Palavras-chave: *Passiflora edulis Sims*, escassez hídrica, salinidade

IRRIGATION WITH SALINE WATER IN THE CULTIVATION OF SOUR PASSION FRUIT GENOTYPES IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: Given the qualitative scarcity of water resources in the Brazilian semiarid region, the use of water with high levels of salts has become a common practice among producers in this region. Thus, the identification of passion fruit genotypes tolerant to saline stress is a promising alternative for the expansion of irrigated agriculture. In this context, the objective was to evaluate the tolerance of sour passion fruit genotypes to irrigation with saline water. The experiment was developed in pots adapted as drainage lysimeters under open field conditions, in São Domingos - PB. The experimental design was randomized blocks, in a 5 × 3 factorial scheme, whose treatments consisted of the combination of five levels of electrical conductivity of irrigation water – EC_w (0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹) and three genotypes of sour passion fruit (Gigante Amarelo – ‘BRS GA1’; Sol do Cerrado – ‘BRS SCS1’ and Catarina – ‘SCS 437 Catarina’), with three replicates, totaling 45 experimental units. Water salinity from 0.3 dS m⁻¹ decreased the relative water content, gas exchange, number of fruits, production per plant and increased electrolyte extravasation in the leaf blade of sour passion fruit plants, 154 days after transplanting. The passion fruit genotypes BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado and SCS437 Catarina were classified as sensitive to water salinity, with threshold water salinity levels of 0.3, 1.0 and 0.3 dS m⁻¹, respectively.

Key words: *Passiflora edulis Sims*, water scarcity, salinity

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) é uma fruteira tropical cultivada de norte a sul do Brasil, destacando-se, devido a qualidade físico-química dos frutos e a aceitação pelo consumidor, como um dos principais exportadores de seu suco, ao lado da Colômbia e do Equador (Santos et al., 2014). Devido ao desbalanço entre as taxas de precipitação e evapotranspiração, o cultivo dessa fruteira no semiárido do Nordeste brasileiro fica dependente da oferta de água por meio da irrigação, porém, a qualidade das fontes hídricas é um dos fatores limitantes, pois normalmente possui altos teores de sais, tanto em águas superficiais como subterrâneas (Silva Júnior et al., 1999; Pinheiro et al., 2022).

A irrigação com águas salinas acarreta o acúmulo de sais na solução do solo, reduzindo a disponibilidade de água, devido ao efeito de natureza osmótica, desequilíbrio nutricional e toxicidade iônica, comprometendo a qualidade de produção (Bezerra et al., 2018). Sob condições de estresse salino, as plantas acumulam íons de sódio e cloreto, responsáveis pelas alterações fisiológicas e bioquímicas, incluindo a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), que degradam os pigmentos fotossintéticos e ocasionam peroxidação lipídica da membrana (Kotagiri e Kolluru, 2017).

Entretanto, a intensidade com que o estresse salino afeta as plantas depende de fatores, como o genótipo, tipos de sais, intensidade e duração do estresse, manejo cultural e da irrigação, condições edafoclimáticas e adubação (Soares et al., 2018; Lima et al., 2023). Assim, a identificação de genótipos de maracujazeiro-azedo tolerantes ao estresse salino destaca-se como importante estratégia para o manejo da irrigação com águas salinas, sobretudo, em regiões semiáridas.

As plantas tolerantes ao estresse salino podem restringir o influxo de Na^+ em células meristemáticas e fotossintetizantes ativas e manter íons em folhas velhas e tecidos inferiores, o que pode modular fortemente a produção dos cultivos biomassa (Rahnama et al., 2011). Nesse contexto, objetivou-se avaliar a tolerância de genótipos de maracujazeiro-azedo sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água no semiárido brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no período de novembro de 2021 a junho de 2022, em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condições de campo aberto na área experimental pertencente à fazenda experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, no Centro de Ciências Tecnologia Agroalimentar- CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em São Domingos, Paraíba, situado pelas coordenadas: 06°48'50" latitude S e 37°56'31" W longitude, a uma altitude de 190 m.

Segundo a classificação climática de Koppen adaptada ao Brasil (Coelho e Soncin, 1982), o clima da região é do tipo BSh, clima semiárido quente e seco, a precipitação média pluviométrica é de cerca 750 mm ano⁻¹ com a uma média anual de evaporação de 2000 mm. Os dados agrometeorológicos, foram obtidos da estação meteorológica localizada no distrito de São Gonçalo, na cidade de Sousa, PB, conforme apresentados na Figura 1.

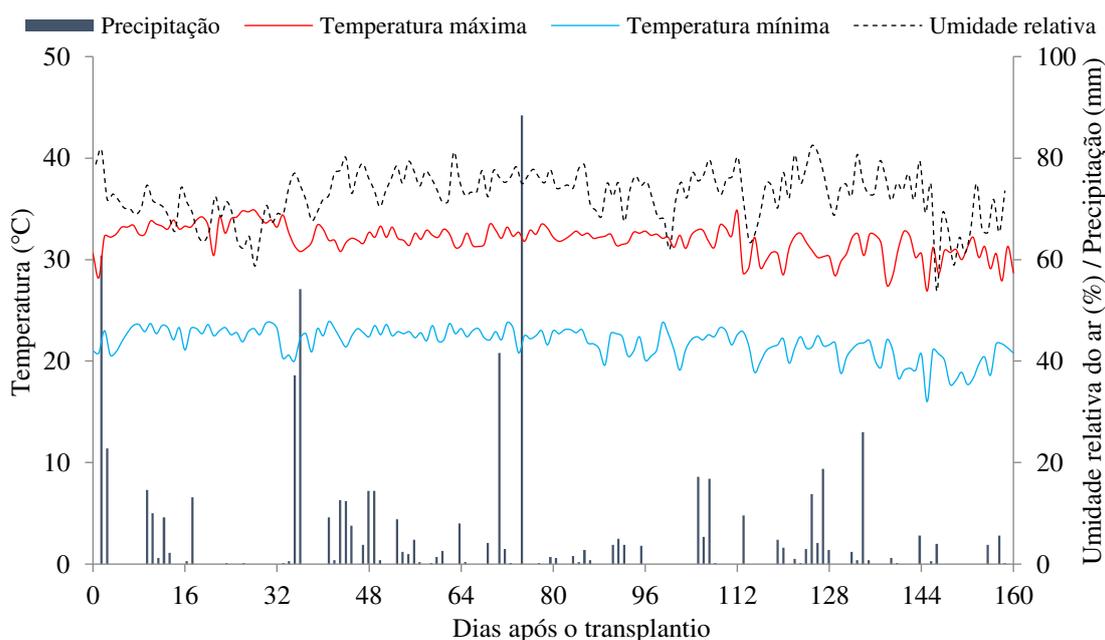


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022).

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 3, cujos tratamentos foram construídos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) e três genótipos de maracujazeiro-azedo - GEN (BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado, e SCS437 Catarina), com três repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Os

níveis de CEa foram estabelecidos com base no estudo desenvolvido por Lima et al. (2020) com a cultura do maracujazeiro-azedo.

Foram utilizadas sementes do maracujazeiro-azedo BRS Gigante Amarelo (BRS GA1), BRS Sol do Cerrado (BRS SC1) e SCS437 Catarina (SCS437). Os genótipos, 'BRS Girante Amarelo' ('BRS GA1') e 'BRS Sol do Cerrado' ('BRS SC1') caracterizam-se por produzirem frutos de coloração amarela e formato oblongo, com peso médio variando de 120 a 350 g, e rendimento da polpa médio aproximadamente 40% (EMBRAPA, 2014a; EMBRAPA, 2014b). O genótipo 'SCS 437 Catarina', produz frutos com peso médio de 315g e rendimento de suco de 33 a 50%, e teor de sólidos solúveis de 9 a 14,5 °Brix, (Petry et al., 2019).

As mudas foram formadas em sacolas de polietileno com dimensões de 15 × 20 cm (3.534 cm³), preenchidas com substrato composto pela mistura de solo e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1 m³ (em base de volume), respectivamente, sendo semeadas três sementes por recipiente. Após emergência das plântulas, quando estavam com cerca de 10 cm de altura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente. Quando as mudas iniciaram a emissão das gavinhas, foram transplantadas para os lisímetros, período de aproximadamente 60 dias após o semeio.

O preenchimento dos lisímetros foi feito com uma camada de 0,5 kg de brita, sobre o Bidin de cada dreno, seguida de uma camada de 110 kg de solo proveniente de uma propriedade particular localizada próxima à área experimental do CCTA/UFCG em São Domingos - PB. O solo da área experimental foi classificado como Entisol (United States, 2014) que corresponde ao Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico de textura areia franca no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

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

pH H ₂ O (1:2,5)	MO dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	Características químicas					Al ³⁺	H ⁺
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺cmol _c kg ⁻¹		
6,01	2,10	5,30	0,12	0,05	3,0	2,44	0,00	0,69	
.....Características químicas.....			.....Características físicas.....					
CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)		
				Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²	
0,71	6,30	0,61	0,79	756,50	200,10	43,40	13,57	5,01	

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} corresponde a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação com fósforo foi realizada em uma única vez, incorporado com o solo no enchimento dos lisímetros 50 g de superfosfato simples (18% P₂O₅; 16% de Ca²⁺; 8% S), enquanto a adubação com nitrogênio e potássio foi aplicada em cobertura, mensalmente, utilizando-se 65 g por planta na fase vegetativa e 160 g nas fases de floração e frutificação. Foi aplicado 65 g de K₂O por planta na fase vegetativa e 280 g de K₂O por planta nas fases de floração e frutificação, conforme recomendação de Costa et al. (2008). As fontes de nitrogênio e potássio foram a ureia (45% de N) e o sulfato de potássio (50% K₂O; 17,5% S), respectivamente.

As aplicações de micronutrientes iniciaram-se aos 30 dias após o transplântio (DAT) e foram realizadas quinzenalmente, utilizando-se o Dripsol[®] micro (Mg²⁺ = 1,1%; B = 0,85 %; Cu (Cu-EDTA) = 0,5%; Fe (FeEDTA) = 3,4 %; Mn (Mn-EDTA) = 3,2%; Mo = 0,05%; Zn = 4,2%; possuindo 70% de agente quelante EDTA) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar. Durante as aplicações de micronutrientes foi utilizado espalhante adesivo Haiten[®], na concentração de 0,15 ml L⁻¹.

Após o transplântio nos lisímetros, as plantas foram tutoradas com fitilho de nylon com propósito de se desenvolverem com um porte ereto até a altura da espaldeira (1,20 m acima da superfície do solo do lisímetro). Foram realizados desbrotas de ramos laterais até as plantas atingirem a altura da espaldeira, sendo conduzidas em haste única.

O espaçamento foi de 3 m entre fileiras e 3 m entre plantas considerando-se o centro dos lisímetros. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuada a poda da gema apical, visando a emissão dos dois ramos secundários, que foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,5 m. Após os ramos secundários atingirem tal comprimento, foi efetuada uma nova poda da gema apical, para emissão dos

ramos terciários, os quais foram conduzidos até 30 cm acima do solo. Ao longo da condução do experimento foram eliminadas gavinhas e ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura.

A água utilizada nas irrigações foi proveniente de um poço artesiano situado na área experimental do CCTA/UFCG, que apresentava baixa condutividade elétrica (0,22 dS m⁻¹). Os níveis de CEa estabelecidos na pesquisa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) foram obtidos a partir da dissolução de cloreto de sódio (NaCl) na água de poço. No preparo da água de irrigação foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Eq. 1:

$$Q \approx 640 \times CEa \dots\dots\dots (1)$$

Em que:

Q = Quantidade de sais a ser aplicado (mg L⁻¹);

CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹)

A irrigação diariamente, às 17 horas, com aplicação em cada recipiente, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, determinado pela Eq. 2:

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

Em que:

VI = Volume de água a ser aplicada (mL);

Va = Volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

Vd = Volume de água drenado (mL); e

FL = Fração de lixiviação (0,15) aplicada em intervalos de 15 dias com o objetivo de reduzir o acúmulo de sais na zona radicular.

O controle de plantas daninhas foi feito através de capinas manuais, nas entrelinhas dos lisímetros de drenagem e ao redor do colo da planta. O controle de pragas e doenças foi de maneira preventiva, com os produtos; Ridomil Gold[®], fungicida composto por Metalaxil-M (40g kg⁻¹) e Mancozebe (640g kg⁻¹), na dosagem de 2,5 g L⁻¹, e os inseticidas; Cyptrin 250 CE[®] (Cipermetrina (250g L⁻¹)) na dosagem de 1 mL L⁻¹, e o Connect[®] (Beta-ciflutrina (12,5 g L⁻¹) e Imidacloprido (100 g L⁻¹)) com dosagem equivalente a 750 mL ha⁻¹ do produto comercial.

Com a finalidade de elevar a taxa de pegamento dos frutos, a partir do início da abertura das flores, foi feita diariamente no período das 13:00 às 17:00 h a polinização artificial de forma manual, tocando-se a ponta dos dedos nas anteras até que eles ficassem

cobertos de pólen e logo após, tocando-se levemente nos estigmas de uma flor de outra planta, de acordo com procedimentos recomendados por Faleiro e Junqueira (2016).

Aos 154 dias após o transplântio (DAT) foram avaliados o conteúdo relativo de água (CRA), o extravasamento de eletrólitos (EE) e as trocas gasosas pela condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a concentração intercelular de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sendo analisadas na terceira folha contada a partir do ápice dos ramos frutíferos, com o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. A partir desses dados foram determinadas a eficiência intrínseca no uso da água - $EiUA$ (A/E) [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$). As leituras foram ocorreram entre 6:30 e 9:00 horas da manhã na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical, em condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO_2 e usando uma fonte de radiação artificial de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, estabelecida pela curva de resposta fotossintética e determinado o ponto de saturação fotossintética por luz (Fernandes et al., 2021).

O conteúdo relativo de água foi mensurado de acordo com Weatherley (1950). Sendo utilizadas a terceira folha a partir do ápice do ramo terciário, onde foram retirados quatro discos de 113 mm^2 de área e, imediatamente, pesados em balança analítica com precisão de $0,001 \text{ g}$; para determinação da massa túrgida (MT), em seguida, os discos foram imersos em água destilada durante 24 horas. Passado esse período, os discos foram secos, com papel toalha e pesados novamente, para obtenção da massa túrgida (MT). Logo após, foram acondicionados em sacos de papel kraft, levados à estufa com ventilação forçada de ar em temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$ até obtenção de peso constante. Em seguida, realizou-se a pesagem dos mesmos, obtendo assim, o peso da massa seca (MS). A partir de então, o CRA foi determinado de acordo com a Eq. 3:

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

Em que:

CRA = Conteúdo relativo de água (%); MF = Massa fresca dos discos (g); MT = Massa túrgida dos discos (g); MS = Massa seca dos discos (g).

O extravasamento de eletrólitos no limbo foliar foi obtido de acordo com metodologia de Scotti-Campos et al. (2013), com a coleta de folhas (terceira folha contada a partir da gema apical) e delas retiradas quatro discos de 113 mm^2 de área, lavados com

água destilada, visando à retirada de possíveis sujeiras aderidas aos folíolos, acondicionados em beakers, contendo 50 mL contendo água destilada. Os beakers foram mantidos à temperatura de 25 °C, durante 24 horas, e a partir de então foi quantificada a condutividade elétrica inicial (Ci). Posteriormente, os beakers foram levados à estufa com ventilação forçada de ar em temperatura de 80 °C durante 120 minutos, onde após este período as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente para aferição da condutividade elétrica final (Cf). De posse dos dados, a % EE foi determinada conforme Eq. 4:

$$EE = \frac{c_i}{c_f} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

Em que:

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

Ci = Condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹); e,

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

A colheita iniciou-se quando os frutos começaram a se desprender naturalmente das plantas e apresentavam coloração da casca amarela característica, sendo realizada duas vezes por semana. Após a colheita, foi determinado o número total de frutos (NF), quantificado pela contagem de frutos; a produção por planta (PROD) obtida pelo somatório do peso de todos os frutos colhidos e o peso médio de frutos (PMF) através da relação entre a PROD e o NF. A tolerância dos genótipos de maracujazeiro-azedo ao estresse salino baseou-se na produção relativa por planta, utilizando o modelo platô com decréscimo linear de Maas e Hoffman (1977). Os parâmetros do modelo foram ajustados minimizando o quadrado dos erros com a ferramenta Solver do Microsoft Excel, conforme Bione et al. (2021).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade e posteriormente foi realizada análise de variância em nível de 0,05 ou 0,01 de probabilidade, e nos casos de efeito significativo, realizou-se análise de regressão linear e quadrática para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e o teste de comparação de médias (Tukey $p \leq 0,05$) para os genótipos de maracujazeiro-azedo, utilizando-se o software estatístico SISVAR - ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × GEN) sobre o conteúdo relativo de água (CRA), o extravasamento de eletrólitos (EE) e a concentração intercelular de CO₂ (Ci) do maracujazeiro-azedo, aos 154 dias após o transplântio (Tabela 2). A condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) influenciou o conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (EE), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração intercelular de CO₂ (Ci), e taxa de assimilação de CO₂ (A). Houve efeito significativo de genótipos apenas para o extravasamento de eletrólitos (EE) e a concentração intercelular de CO₂ (Ci)

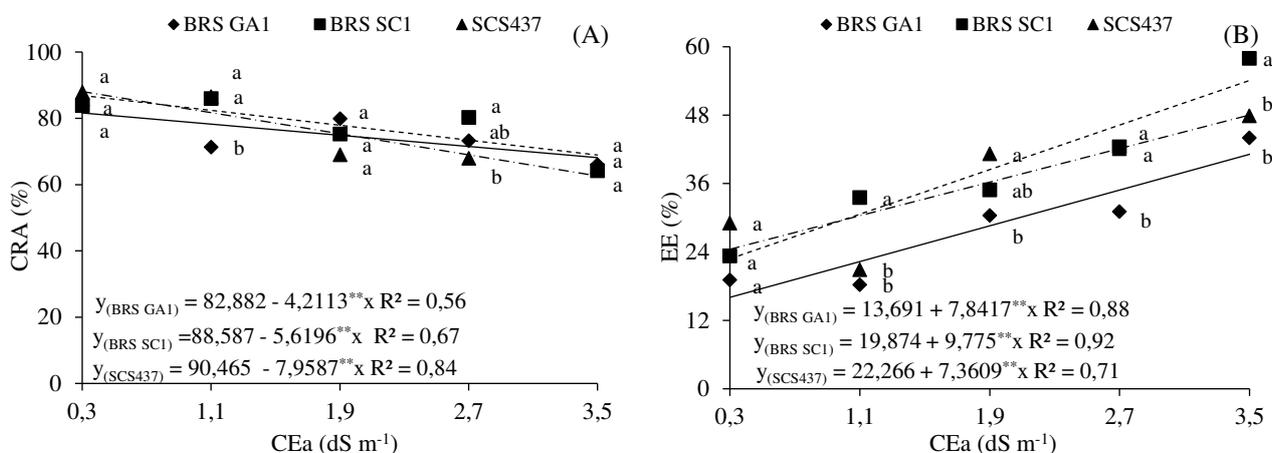
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (EE), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração intercelular de CO₂ (Ci), e taxa de assimilação de CO₂ (A) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob condutividade elétrica da água de irrigação, aos 154 dias após o transplântio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		CRA	EE	<i>gs</i>	<i>E</i>	Ci	A
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	529,43**	536,51**	0,05**	2,01*	15949,47**	523,21**
Regressão linear	1	2025,40**	2038,23**	0,11**	5,72**	25435,21**	1817,73**
Regressão quadrática	1	9,01 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,065*	0,36 ^{ns}	27,842,29**	247,94*
Genótipos (GEN)	2	39,92 ^{ns}	401,67**	0,006 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2940,06*	20,79 ^{ns}
Interação (CEa × GEN)	8	101,85**	328,08**	0,01 ^{ns}	0,71 ^{ns}	6177,26**	59,12 ^{ns}
Blocos	2	16,08 ^{ns}	6,26 ^{ns}	0,04*	0,09 ^{ns}	2813,26*	71,31 ^{ns}
Resíduo	28	21,29	24,84	0,012	0,54	651,00	52,85
CV (%)		6,12	14,48	6,87	11,61	10,53	15,94

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

O conteúdo relativo de água no limbo foliar do maracujazeiro diminuiu linearmente com o aumento da salinidade da água (Figura 2A), cujos decréscimos foram de 5,08; 6,34 e 8,79% por incremento unitário da CEa para os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437, respectivamente. Ao comparar a CRA das plantas submetidas a CEa de 3,5 dS m⁻¹ em relação as irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, verificam-se redução de 16,51; 20,69 e 28,91% para os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437, respectivamente. A presença de sais na zona radicular desencadeia o estresse osmótico que causa restrições na absorção de água e nutrientes pelas plantas. De acordo com Shahid et al. (2020), as altas concentrações de sais dificultam a absorção da água do solo para as plantas,

reduzindo a condutividade da água das raízes e, conseqüentemente, o conteúdo relativo de água no nível celular.



** - Significativo em $p \leq 0,01$ pelo teste F; Marcadores seguidos por letras diferentes, em mesmo nível de CEa, indicam diferença significativa entre os genótipos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Genótipos de maracujazeiro-azedo, 'BRS GA1' – (Gigante Amarelo); 'BRS SC1' – (Sol do Cerrado); 'SCS 437' – (Catarina).

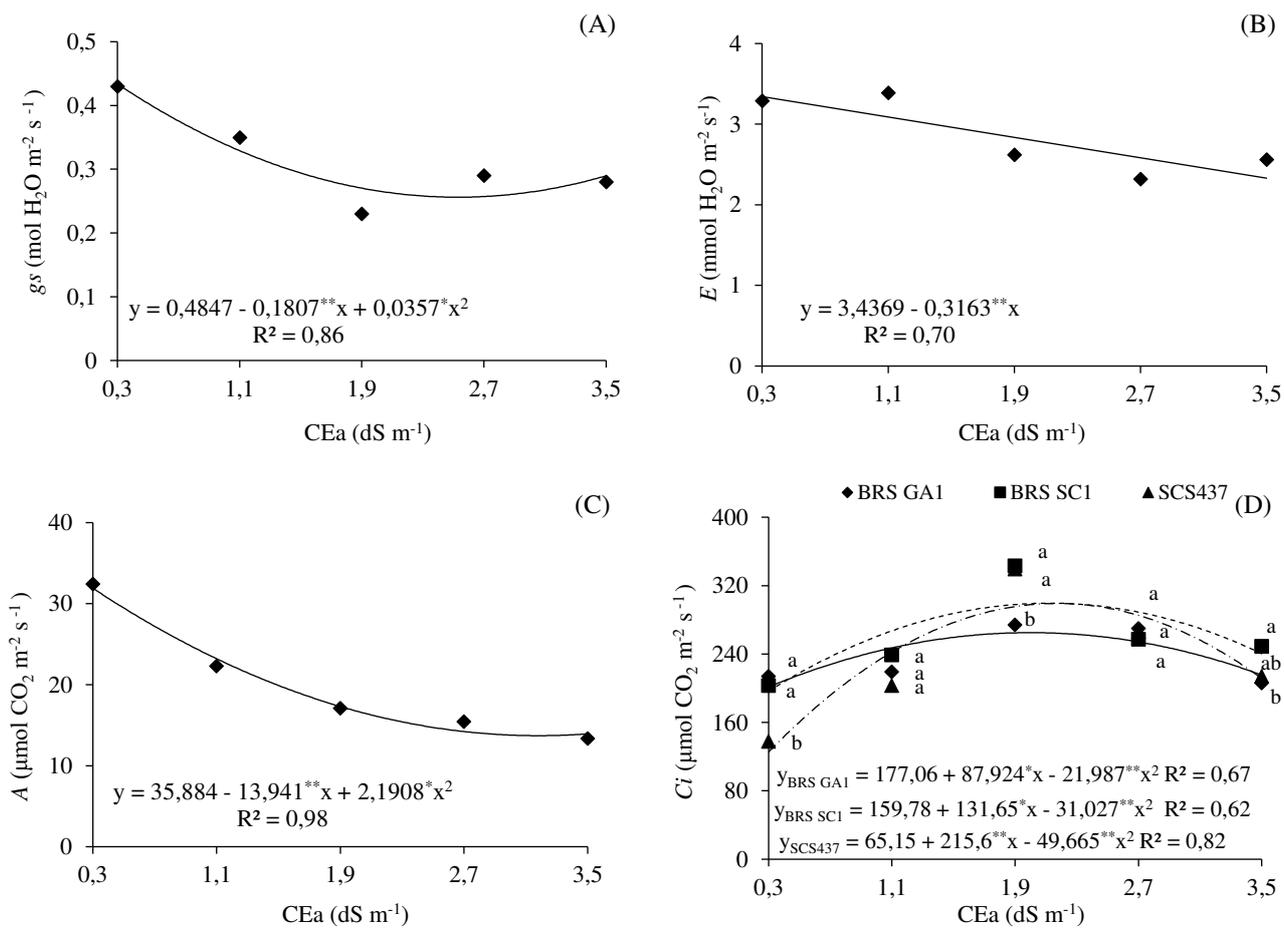
Figura 2. Conteúdo relativo de água - CRA (A) e extravasamento de eletrólitos - EE (B) no limbo foliar de genótipos de maracujazeiro-azedo, em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e genótipos, aos 154 dias após o transplante.

No desdobramento dos genótipos em cada nível salino (Figura 2A), observa-se diferenças expressivas da CRA dos genótipos BRS SC1 e SCS437 em relação ao BRS GA1 sob irrigação com água de 1,1 dS m⁻¹. Já nas plantas irrigadas com CEa de 2,7 dS m⁻¹, nota-se maior CRA do genótipo BRS SC1 em relação ao SCS437. Não foram identificadas diferenças significativas na CRA dos distintos genótipos ao utilizar água com condutividades elétricas de 0,3; 1,9 e 3,5 dS m⁻¹. Redução na CRA no limbo foliar do maracujazeiro-azedo também foi observada por Lima et al. (2023), quando as plantas foram submetidas a irrigação com água de 4,0 dS m⁻¹ nas fases, vegetativa, floração, vegetativa/floração e vegetativa/frutificação em comparação com as irrigadas com condutividade elétrica de 1,3 dS m⁻¹ durante todo o ciclo e na fase de frutificação.

Ao contrário do observado para CRA (Figura 2A), o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo aumentou de forma linear (Figura 2B), cujos incrementos foram de 57,27, 49,18 e 33,05% por incremento unitário da CEa, respectivamente, para os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437. O aumento do extravasamento de eletrólitos no limbo foliar pode estar relacionado com o estresse osmótico que ocasiona a superprodução de espécies reativas de oxigênio (EROs), que, por sua vez, causa danos à membrana celular. Além disso, o movimento de sais para as

células vegetais leva à alternância da permeabilidade da membrana plasmática (Nguyen et al., 2021), e induz maior extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas. Ao analisar o desdobramento dos fatores (Figura 2B), verifica-se que, o % EE do genótipo BRS SC1 foi superior aos demais (BRS GA1 e SCS 437) sob irrigação com CEa de 1,1 e 3,5 dS m⁻¹. Ao utilizar água de 1,9 dS m⁻¹, nota-se diferenças significativas apenas entre os genótipos BRS GA1 e SCS437, onde, o genótipo BRS SCS437 foi estatisticamente superior ao BRS GA1. Sob CEa de 2,7 dS m⁻¹, os genótipos BRS SC1 e SCS437 foram estatisticamente superiores ao BRS GA1. Sob CEa de 0,3 dS m⁻¹ não houve diferenças significativas no EE entre os genótipos avaliados. Lima et al. (2023), observaram que estresse salino nas fases vegetativa, floração, frutificação e de forma sucessiva nas fases vegetativa/floração e vegetativa/frutificação aumenta o extravasamento de eletrólitos no maracujazeiro-azedo quando irrigado com água de alta salinidade (4,0 dS m⁻¹).

A condutância estomática das plantas de maracujazeiro-azedo, *gs*, decresceu de forma quadrática (Figura 3A), cujo valor máximo (0,43 mol H₂O m⁻² s⁻¹) foi obtido sob salinidade da água de 0,3 dS m⁻¹. Comparando-se a *gs* em termos relativos, verifica-se redução de 33,23% entre as plantas cultivadas sob CEa de 3,5 dS m⁻¹ em relação as que receberam 0,3 dS m⁻¹. Normalmente, sob condições de estresse salino as plantas controlam a abertura e o fechamento dos estômatos como estratégia para minimizar o fluxo de vapor de água para atmosfera, reduzindo também a absorção de água e sais, refletindo em menor acúmulo de íons no tecido vegetal, importante fator para a maioria das glicófitas expostas ao estresse salino (Pinheiro et al., 2022). Lima et al. (2020), avaliando os efeitos da salinidade da água nas trocas gasosas do maracujazeiro-azedo ‘BRS Rubi do Cerrado’ (CEa de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹), também constataram que o incremento nos níveis de CEa reduziu de forma acentuada a condutância estomática das plantas, aos 40 dias após a semeadura.



*, ** - significativo em $p \leq 0,05$ e em $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; Marcadores seguidos por letras diferentes, no mesmo nível de CEa, indicam diferença significativa entre os genótipos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Genótipos de maracujazeiro-azedo, ‘BRS GA1’ – (Gigante Amarelo); ‘BRS SC1’ – (Sol do Cerrado); ‘SCS 437’ – (Catarina).

Figura 3. Condutância estomática – g_s (A), transpiração – E (B), taxa de assimilação de CO₂ – A (C) do maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, e concentração intercelular de CO₂ – C_i (D) em função da interação entre os níveis de CEa e genótipos, aos 154 dias após o transplantio.

A transpiração foliar do maracujazeiro-azedo foi reduzida significativamente pela salinidade da água de irrigação (Figura 3B), com decréscimos de 9,20% por incremento unitário da CEa. As plantas submetidas a CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ diminuíram a E em 30,32% ($1,01 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em comparação as cultivadas sob salinidade da água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. A redução na transpiração das plantas é um reflexo do fechamento parcial dos estômatos e ocorre em função dos efeitos osmóticos que inibe a absorção de água pelas plantas que limita o fluxo de vapor de água para a atmosfera (Dias et al., 2019). Diniz et al. (2020), em pesquisa com mudas de maracujazeiro amarelo sob salinidade da água de irrigação (entre CEa $0,3$ e $3,1 \text{ dS m}^{-1}$), verificaram redução linear na transpiração foliar, com decréscimos de 13,35% por incremento unitário da CEa.

A taxa de assimilação de CO₂ das plantas de maracujazeiro-azedo reduziu de forma quadrática com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 3C), sendo o valor máximo de 31,89 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ obtido nas plantas cultivadas sob CEa de 0,3 dS m⁻¹. Já a irrigação com água de 3,2 dS m⁻¹ resultou no valor mínimo estimado de 13,70 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ao comparar a taxa de assimilação das plantas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ em relação as que receberam 0,3 dS m⁻¹, nota-se diminuição de 56,33%. A redução na A do maracujazeiro-azedo sob condições de estresse salino estar relacionada à ação de fatores estomáticos e não estomáticos, como a restrição da difusão de CO₂ nas células do mesófilo e um declínio na afinidade do RuBisCO com o CO₂ (Soares et al., 2023), incluindo mudanças na concentração de clorofila e carotenoides. Silva et al. (2019), ao avaliarem as trocas gasosas do maracujazeiro, em função da irrigação com águas salinas (CEa variando de 0,7 a 2,8 dS m⁻¹), notaram que a menor taxa de assimilação de CO₂ (8,18 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi obtida em plantas irrigadas com água de 2,8 dS m⁻¹.

A concentração intercelular de CO₂ (Figura 3D) dos genótipos de maracujazeiro-azedo BRS GA1, BRS SC1 e SCS437 alcançaram o valor máximo estimado de 264,96, 299,41 e 299,09 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, quando irrigadas com CEa de 2,0, 2,1 e 2,2 dS m⁻¹; a partir desses níveis de CEa, houve redução na *C_i*, obtendo-se os valores de 215,45; 240,47 e 211,35 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nos genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437 sob salinidade da água de 3,5 dS m⁻¹. Esta redução, possivelmente, está relacionada ao fechamento estomático das plantas, um mecanismo usado como estratégia para evitar a perda de água excessiva para o ambiente. O aumento na concentração interna de CO₂ em plantas cultivadas sob estresse salino é um indicativo que o CO₂ absorvido não foi assimilado durante o processo fotossintético, possivelmente devido à baixa atividade da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (Lima et al., 2023). No desdobramento dos genótipos em cada nível salino da água (Figura 3D), verifica-se efeito significativo apenas quando as plantas foram irrigadas com CEa de 0,3; 1,9 e 3,5 dS m⁻¹. Pelos dados, constata-se superioridade dos genótipos BRS GA1, BRS SC1 em relação ao SCS437 sob salinidade da água de 0,3 dS m⁻¹. Por outro lado, quando se utilizou CEa de 1,9 e 3,5 dS m⁻¹ a menor *C_i* foi do genótipo BRS GA1.

Verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × GEN) sobre a produção por planta do maracujazeiro-azedo (Tabela 3). A condutividade elétrica da água influenciou de forma significativa a eficiência instantânea da carboxilação (*E_iC_i*), eficiência intrínseca no uso da água (*E_iUA*), aos 154 DAT e o número de frutos (NF) e a

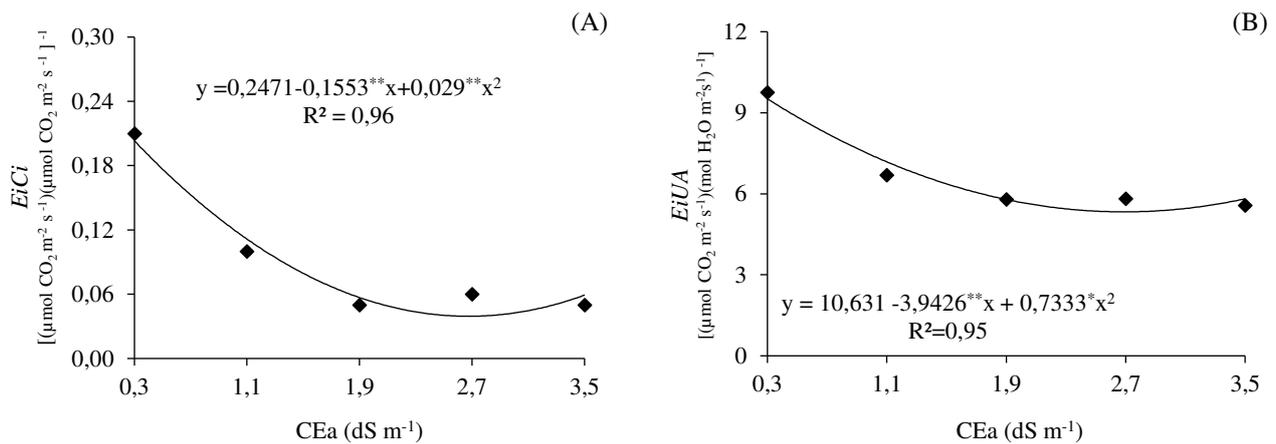
produção por planta (PROD), aos 160 DAT. A fonte de variação genótipos afetou significativamente apenas a produção por planta do maracujazeiro-azedo. O peso médio de frutos não foi afetado de forma significativa pelas fontes de variação testadas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente à eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*), eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*), aos 154 dias após o transplântio (DAT), número de frutos (NF), produção por planta (PROD) e peso médio de frutos (PMF) de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 160 dias após o transplântio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios				
		<i>EiCi</i>	<i>EiUA</i>	NF	PROD	PMF
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	0,04**	27,47**	60,1444**	9455,01**	122,32 ^{ns}
Regressão linear	1	0,11**	76,692071**	190,6777**	32777,15**	59,38 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,04**	27,814603*	3,5000 ^{ns}	3256,07**	0,67 ^{ns}
Genótipos (GEN)	2	0,002 ^{ns}	1,044882 ^{ns}	19,8222 ^{ns}	5539,84**	135,09 ^{ns}
Interação (CEa × GEN)	8	0,007 ^{ns}	5,768213 ^{ns}	14,7111 ^{ns}	2493,40**	169,78 ^{ns}
Blocos	2	0,008 ^{ns}	13,093796 ^{ns}	35,6222 ^{ns}	137,97 ^{ns}	146,40 ^{ns}
Resíduo	28	0,003	5,434843	11,360317	125,37	94,24
CV (%)		4,60	15,08	23,59	6,67	22,74

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

A eficiência instantânea da carboxilação também foi afetada negativamente pela salinidade da água (Figura 4A), cujo valor máximo estimado de 0,203 [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹ foi observado nas plantas irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹. Ao comparar a *EiCi* das plantas submetidas ao maior nível de condutividade elétrica da água (3,5 dS m⁻¹) nota-se uma redução de 0,144 [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹ em relação as irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹. A diminuição na eficiência instantânea de carboxilação das plantas de maracujazeiro-azedo sob estresse salino é um indicativo de atuação de fatores de origem não estomática e possivelmente está relacionada a inibição da atividade da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), ocasionada pelo acúmulo de íons tóxicos, principalmente, Na⁺ e Cl⁻. O excesso de sais pode induzir a oxigenação do RuBisCO e um aumento da via fotorrespiratória (Lima et al., 2019).



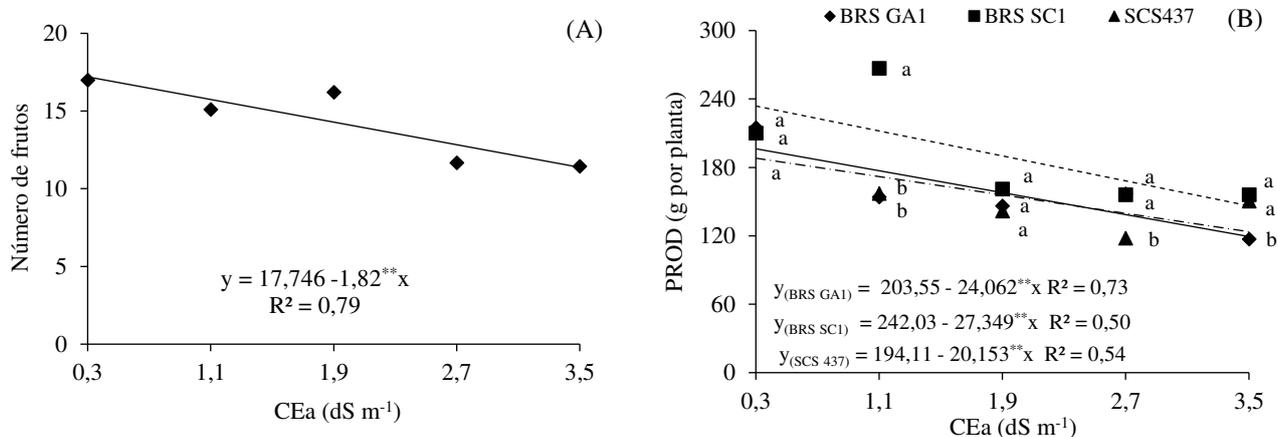
*, ** - significativo em $p \leq 0,05$ e em $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

Figura 4. Eficiência instantânea da carboxilação – $EiCi$ (A) e eficiência intrínseca no uso da água – $EiUA$ (B) do maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 154 dias após o transplântio.

Semelhante ao que ocorreu para $EiCi$ (Figura 4A), a eficiência intrínseca no uso da água do maracujazeiro-azedo (Figura 4B) diminuiu significativamente com o aumento de condutividade elétrica da água. O valor máximo estimado $9,51 [(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$ foi alcançado nas plantas cultivadas sob CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, decrescendo a partir deste nível salino da água. Ao comparar a $EiUA$ das plantas irrigadas com água de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as cultivadas sob CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, constata-se uma diminuição de $3,699 [(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$. É importante destacar que a absorção de CO_2 do meio externo, pelos estômatos, ocasiona também, perda de água e a planta para poder diminuir essa perda restringe a entrada de CO_2 , fato que interfere diretamente na $EiUA$, uma vez que, essa variável indica a quantidade de CO_2 que a planta fixa por cada unidade de água que se perde durante o processo (Suassuna et al., 2014).

O número de frutos (NF) do maracujazeiro-azedo foi afetado negativamente pela salinidade da água de irrigação (Figura 5A), com decréscimos de 10,25% por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos o NF das plantas cultivadas sob CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as submetidas ao menor nível salino da água ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), a redução foi de 33,86% (5,82 frutos por planta). A redução no número de frutos do maracujazeiro-azedo pode estar relacionada com o desvio de energia para manutenção das atividades metabólicas e, como consequência, ocorre redução no crescimento e na produção das plantas. Tal situação reflete a ação dos efeitos osmóticos interferindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Redução na produção do maracujazeiro-

azedo em função do estresse salino também foi observada por Nunes et al. (2023), onde constataram que o incremento da CEa de 0,35 para 4,0 dS m⁻¹ resultou em declínio no número de frutos por planta de 11,80% (13,25 frutos por planta).



** - significativo em $p \leq 0,01$ pelo teste F; Marcadores seguidos por letras diferentes, para mesmo nível de CEa, indicam diferença significativa entre os genótipos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Genótipos de maracujazeiro-azedo, ‘BRS GA1’ – (Gigante Amarelo); ‘BRS SC1’ – (Sol do Cerrado); ‘SCS 437’ – (Catarina).

Figura 5. Número de frutos de maracujazeiro-azedo cultivado sob salinidade da água de irrigação – CEa (A) e produção por planta -PROD, em função da interação entre os níveis de CEa e genótipos de maracujazeiro-azedo (B).

A produção por planta (PROD) reduziu linearmente com o aumento da salinidade da água (Figura 5B), cuja diminuição foi de 11,82, 11,29 e 10,38% por incremento unitário da CEa, para os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437, respectivamente. Ao comparar a PROD das plantas submetidas a CEa de 3,5 dS m⁻¹ em relação as que receberam o menor nível salino (0,3 dS m⁻¹), constatam-se declínios de 45,46%; 25,67% e 28,84%, para os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437, respectivamente.

O declínio na produção por planta é resultado das limitações que ocorreram nas trocas gasosas do maracujazeiro-azedo que interferem diretamente na absorção de água e nutrientes, além de diminuir a alocação de fotoassimilados. O uso de energia para restringir a absorção de Na⁺ e a biossíntese de osmólitos para reduzir o potencial osmótico sob estresse salino pode levar a uma redução do crescimento e, por conseguinte, da produção (Behdad et al., 2021). Ramos et al. (2022), ao avaliarem a produção do maracujazeiro-azedo sob irrigação com águas salinas (CEa: 0,6 a 3,0 dS m⁻¹), também observaram que o aumento da CEa reduziu a PROD em 13,72% por incremento unitário da CEa.

Ao analisar o desdobramento dos genótipos em cada nível de salinidade da água (Figura 5B), constata-se diferenças significativas quando as plantas foram submetidas a CEa de 1,1; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹. Sob CEa de 1,1 dS m⁻¹, nota-se superioridade da PROD do genótipo BRS SC1 em relação ao BRS GA1 e SCS437. Já a irrigação com água de 2,7 dS m⁻¹ resultou na maior PROD dos genótipos BRS GA1 e BRS SC1. Ao utilizar CEa de 3,5 dS m⁻¹, a maior PROD foi dos genótipos BRS SC1 e SCS437.

A salinidade limiar da água de irrigação obtida na presente pesquisa pelo modelo de platô seguido por decaimento linear (Maas; Hoffman,1977) para os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437 foram de 0,3; 1,0 e 0,3 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 6A, 6B e 6C), cujos decréscimos por incremento unitário acima desses níveis de CEa foram de 14,80; 12,33 e 14,96%, respectivamente.

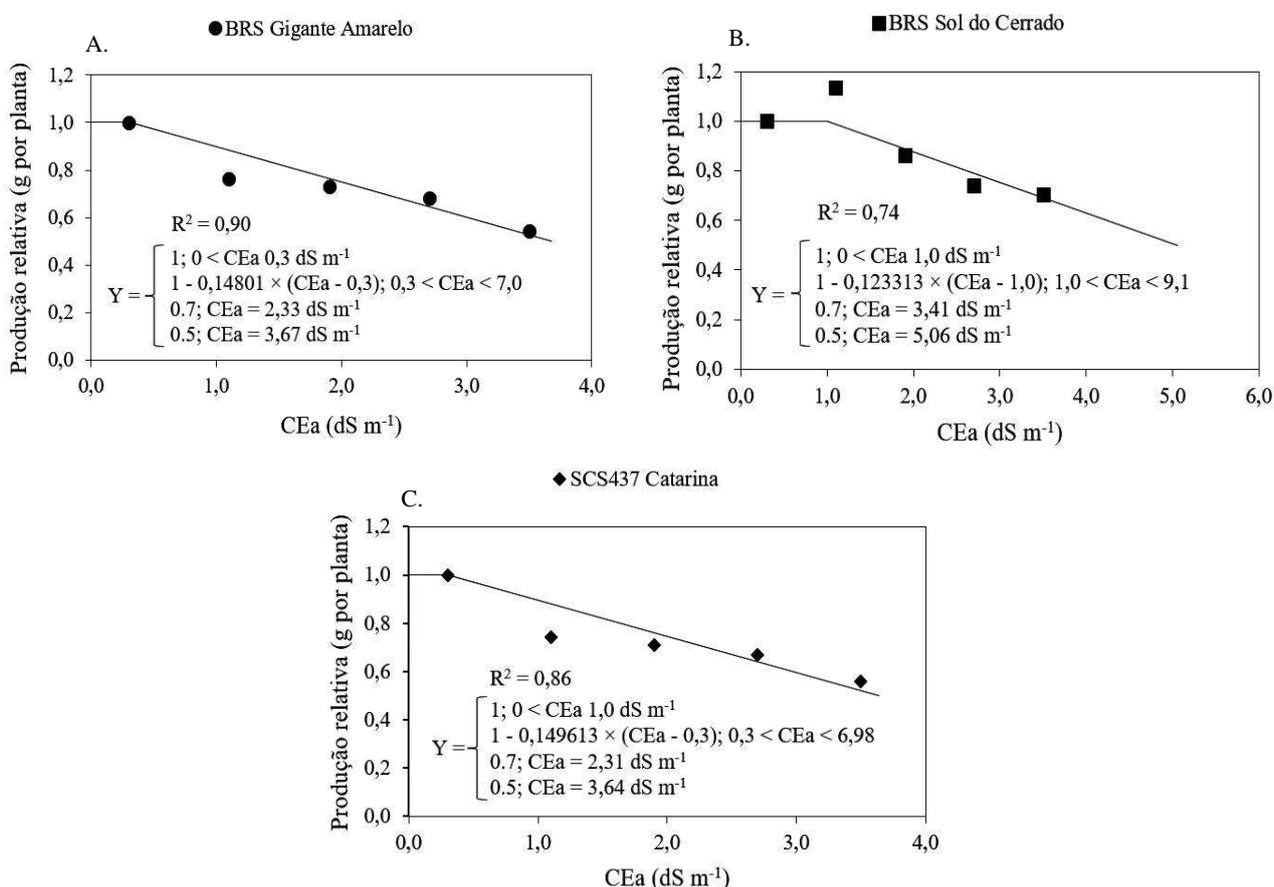


Figura 6. Produção relativa dos genótipos de maracujazeiro-azedo: BRS Gigante Amarelo (A), BRS Sol do Cerrado (B), e SCS437 Catarina (C), em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa descrito pelo modelo matemático de platô de Maas e Hoffman (1977).

Ainda de acordo com a Figura 6, a irrigação com níveis de CEa de 2,33; 3,41 e

2,31 dS m⁻¹, respectivamente, para a BRS GA1, BRS SC1 e SCS437 pode resultar em rendimento de até 70% da sua produção por planta. Já a irrigação com água de 3,67; 5,06 e 3,64 dS m⁻¹ é possível a obtenção de uma produção relativa de 50%. Considerando o grau de tolerância estabelecido por Maas e Hoffman (1977), com base na produção relativa, os genótipos BRS GA1, BRS SC1 e SCS437 e decréscimos por aumento unitário acima dos respectivos níveis limiares, os genótipos de maracujazeiro-azedo estudados são classificados como sensíveis a salinidade.

4. CONCLUSÕES

A salinidade da água a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ diminui o conteúdo relativo de água, as trocas gasosas, o número de frutos, a produção por planta e eleva o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar, dos genótipos de maracujazeiro-azedo BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado, e SCS437 Catarina, aos 154 dias após o transplante.

Os genótipos de maracujazeiro-azedo BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado, e SCS437 Catarina são classificados como sensíveis a salinidade da água, sendo os níveis de salinidade limiar de $0,3$; $1,0$ e $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, com decréscimos por incremento unitário acima desses níveis de CEa de $14,80$; $12,33$ e $14,96\%$, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behdad, A.; Mohsenzadeh, S.; Azizi, M. Growth, leaf gas exchange and physiological parameters of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations subjected to salt stress condition. *Rhizosphere*, v.17, n.2, p.1-11, 2021.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Santos, J. B. dos; Fernandes, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. *Revista Ambiente & Água*, v.13, n.3, p.1-12, 2018.
- Bione, M. A. A.; Soares, T. M.; Cova, A. M. W.; Paz, V. P. S.; Gheyi, H. R.; Rafael, M. R. S.; Modesto, F. J. N.; Santana, J. A.; Neves, B. S. L. Hydroponic production of 'Biquinho' pepper with brackish water. *Agricultural Water Management*, v.245, n.28, p.1-10, 2021.
- Coelho, M. A.; Soncin, N. B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- Costa, A. de F. S. da; Costa, A. N. da; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. de M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. de. *Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro*. Vitória: Incaper, 2008. 56p. Incaper. Documentos, 162
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.32, n.2, p.429-439, 2019.
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Souza, L. de P.; Gheyi, H. R.; Medeiros, M. N. V. de. Physiological indices and growth of 'Gigante Amarelo' passion fruit under salt stress and silicate fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, n.2, p.814-821, 2020.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Híbrido de maracujazeiro-azedo de alta produtividade: BRS Gigante Amarelo. Brasília, DF. 2014a. 2p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Híbrido de maracujazeiro-azedo para mesa e indústria: BRS Sol do Cerrado. Brasília, DF. 2014b. 2p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos, 5.ed. Embrapa, Rio de Janeiro, Brazil, 2018, 356p.
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. ed. Embrapa Cerrados (Coleção 500 perguntas, 500 respostas), 2016. 341 p.
- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

- Fernandes, E. A.; Soares, L. A. dos A.; Lima, G. S. de; Silva Neta, A. M. de S.; Roque, I. A.; Silva, F. A. da; Fernandes, P. D.; Lacerda, C. N. de. Cell damage, gas exchange, and growth of *Annona squamosa* L. under saline water irrigation and potassium fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n.3, p.999-1018, 2021.
- Kotagiri, D.; Kolluru, V. C. Effect of salinity stress on the morphology and physiology of five different coleus species. *Biomedical and Pharmacology Journal*, v.10, n.4, p.1639-1649, 2017.
- Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, n.1, p.184-194, 2020.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Dias, A. S.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Silva, A. A. R. da; Silva, E. M. da. Gas exchanges and production of West Indian cherry cultivated under saline water irrigation and nitrogen fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n.6, p. 2947-2960, 2019.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Queiroga, R. C. F. de; Fernandes, P. D. Physiological indices of sour passion fruit under brackish water irrigation strategies and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n.5, p.383-392, 2023.
- Maas, E. V.; Hoffman, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division of ASCE*, v.103, p.115-134, 1977.
- Nguyen, H. T. T.; Bhowmik, S. D.; Long, H.; Cheng, Y.; Mundree, S.; Hoang, L. T. M. Rapid accumulation of proline enhances salinity tolerance in Australian wild rice *Oryza australiensis* Domin. *Plants*, v.10, n.10, p.1-16, 2021.
- Nunes, J. C.; Lima Neto, A. J. de; Cavalcante, L. F.; Pereira, W. E.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Oliveira, F. F. de; Nunes, J. A. da S. Leaching of salts and production of sour passion fruit irrigated with low- and high-salinity water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n. 5, p.393-399, 2023.
- Petry, H. B.; Bruna, E. D.; Moreto, A. L.; Brancher, A. Sônego, M. 'SCS437 Catarina': Maracujá-azedo de alta qualidade para o mercado de mesa. *Agropecuária Catarinense, Florianópolis*, v. 32, n. 2, p. 49-52, 2019.
- Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, S. G. de; Silva, F. A. da. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. *Revista Ciência Agronômica*, v. 53,

e20217816, p. 1-11, 2022.

- Rahnama, A.; Poustini, K.; Tavakkol-Afshari, R.; Ahmadi, A.; Alizadeh, H. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.197, p.21-30, 2011.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A. de; Lima, G. S. de; Nunes, K. G.; Pereira, M. de O.; Paiva, F. J. da S. Produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e aplicação exógena de H₂O₂. *Irriga*, v.27, n.3, p.1-10, 2022.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Handbook 60
- Santos, G. P. dos; Lima Neto, A. J. de; Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L.; Souto, A. G. de L. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo, sob diferentes fontes e doses de fósforo em cobertura. *Bioscience Journal*, v.30, p.525-533, 2014.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, A. T.; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. do C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, p.1002-1013, 2013.
- Shahid, M. A.; Sarkhosh, A.; Khan, N.; Balal, R. M.; Ali, S.; Rossi, L.; Gómez, C.; Mattson, N.; Nasim, W.; Garcia-Sanchez, F. Insights into the physiological and biochemical impacts of salt stress on plant growth and development. *Agronomy*, v.10, n.7, p.1-34, 2020.
- Silva Júnior, 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*, v.3, n.1, p.11-17, 1999.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. de S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 49, e55671, p.1-10, 2019.
- Soares, L. A. dos A.; Felix, C. M.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, L. de A.; Fernandes, P. D. Gas exchange, growth, and production of cotton genotypes under water deficit in phenological stages. *Revista Caatinga*, v.36, n.1, p.145-157, 2023.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Suassuna, J. F.; Pereira, R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. *Revista Ciência Agronômica*, v.49, n.2, p.239-248, 2018.

- Suassuna, J. F.; Fernandes, P. D.; Brito, K. S. A. de; Nascimento, R. do; Melo, A. S. de; Brito, M. E. B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. *Irriga*, v.19, n.3, p.464-477, 2014.
- United States. Soil Survey Staff. *Keys to soil taxonomy*. 12. ed. Lincoln: USDA NRCS. 2014. Available at: <www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/>. Accessed on: Jan 12, 2023.
- Weatherley, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I - The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v.49, e.1, p.81-97, 1950.

CAPÍTULO IV

COMPOSIÇÃO MINERAL DE MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADO SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

COMPOSIÇÃO MINERAL DE MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADO SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO: A salinidade da água é um dos principais problemas enfrentados pela atividade agrícola em todo o mundo, sobretudo, em regiões de clima árido e semiárido, que além dos fatores naturais adversos, têm a situação agravada pela ação antrópica. Sendo assim, o emprego de estratégias de manejo no uso de águas salinas se faz de extrema necessidade para a produção agrícola sustentável, sendo uma delas, a adubação potássica. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a composição mineral do maracujazeiro-azedo cultivado sob irrigação com água salina e adubação potássica no semiárido brasileiro. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de campo, na fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, localizada na cidade de São Domingos, Paraíba. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1}) e quatro doses de potássio - DK (60; 80; 100 e 120% da recomendação de K_2O) com três repetições. Houve aumento nos teores de sódio e cloreto no caule e folhas das plantas de maracujazeiro-azedo com o incremento nos níveis de CEa. O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu aumento nos teores de sódio e cloreto em folhas e caules das plantas de maracujazeiro-azedo. A adubação com 60% da recomendação de K_2O elevou os teores de fósforo nas folhas das plantas de maracujazeiro-azedo sob salinidade da água de até 2,2 dS m^{-1} . Os teores de nutrientes nas folhas e caules variaram seguindo a mesma ordem de concentração $\text{N} > \text{Cl} > \text{P} > \text{Na} > \text{K}$, em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 160 dias após o transplântio.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims, estresse salino, acúmulo de nutrientes

**MINERAL COMPOSITION OF SOUR PASSION FRUIT CULTIVATED
UNDER IRRIGATION WITH SALINE WATER AND POTASSIUM
FERTILIZATION**

ABSTRACT: Water salinity is one of the main problems faced by agricultural activity worldwide, especially in arid and semiarid regions, which, in addition to adverse natural factors, have their situation aggravated by human action. Therefore, the use of management strategies in the use of saline waters is extremely necessary for sustainable agricultural production, one of which is potassium fertilization. In this sense, the objective was to evaluate the mineral composition of passion fruit cultivated under irrigation with saline water and potassium fertilization in the Brazilian semiarid region. The research was developed under field conditions, at the experimental farm of the Federal University of Campina Grande, located in the city of São Domingos, Paraíba. A randomized block design was adopted in a 5 × 4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - CEa (0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹) and four doses of potassium - KD (60; 80; 100 and 120% of the K₂O recommendation) with three replicates. There was an increase in the sodium and chloride contents in the stems and leaves of sour passion fruit plants with the increase in CEa levels. The increase in the electrical conductivity of irrigation water promoted an increase in the sodium and chloride contents in the leaves and stems of sour passion fruit plants. Fertilization with 60% of the K₂O recommendation increased the phosphorus contents in the leaves of sour passion fruit plants under water salinity of up to 2.2 dS m⁻¹. The nutrient contents in the leaves and stems varied following the same order of concentration N>Cl>P>Na>K, depending on the increase in the electrical conductivity of the irrigation water, 160 days after transplanting.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims, saline stress, nutrient accumulation

1. INTRODUÇÃO

Devido à limitação da disponibilidade hídrica, as regiões de clima árido e semiárido em todo o mundo são particularmente suscetíveis a problemas de salinização do solo e da água. Além das condições ambientais, fatores antropogênicos como, uso excessivo de fertilizantes, agroquímicos e utilização de águas com níveis moderados de sais na irrigação acabam intensificando a salinização das áreas cultivadas (Seleiman et al., 2022). Essas condições ocasionam os estresses hídrico e salino que impõem limitações às plantas, impedindo-as de expressar todo o seu potencial genético e resultando num declínio significativo na produção (Lima et al., 2023a).

O estresse provocado pela salinidade afeta, principalmente, o potencial hídrico e a distribuição iônica através da membrana plasmática das células radiculares, ocasionando desequilíbrios nutricionais e citotoxicidade causada pelo estresse oxidativo (Isayenkov e Maathuis, 2019) devido ao aumento no acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) nos tecidos vegetais, afetando negativamente a fotossíntese, a síntese de proteínas e, conseqüentemente, o crescimento, desenvolvimento e o rendimento das culturas (Shalaby et al., 2023).

A salinidade exerce influência sobre a dinâmica de absorção de nutrientes pelas plantas. O estresse salino danifica proteínas e enzimas que regulam a absorção de Ferro (Fe), que, quando reduzido, limita a síntese de pigmentos fotossintéticos (Liu et al., 2022). Além disso, o sódio inibe a absorção de potássio e outros nutrientes pelas células das raízes, induzindo um metabolismo vegetal irregular que é tóxico para enzimas em nível genético (Tiware et al., 2023). Sob condições salinas, o metabolismo do nitrogênio e de enzimas de síntese de aminoácidos podem ser reguladas negativamente (Conde et al., 2011).

Nesse contexto, o emprego de técnicas de manejo se torna indispensável para a produção agrícola no semiárido do Nordeste brasileiro, destacando-se a adubação potássica como estratégia promissora na mitigação dos efeitos deletérios da salinidade nas plantas. O potássio (K) reduz potencialmente os danos causados pelo estresse salino nas plantas, através da redução das espécies reativas de oxigênio (EROs) induzidas pelo estresse osmótico, fortalecendo a atividade das enzimas antioxidantes, além de reestabelecer a eficiência do uso de nitrogênio nas plantas (Tital et al., 2021).

O K^+ também contribui na tolerância das plantas à salinidade pela natureza competitiva com o sódio (Na^+) na ligação e manutenção do estado hídrico das plantas

(Capula-Rodríguez et al., 2016). Assim, a realização de pesquisas que tenham como propósito avaliar os efeitos da adubação potássica como atenuante do estresse salino sob as plantas é primordial, sobretudo, em culturas que tenham grande importância econômica, como o maracujazeiro-azedo. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a composição mineral do maracujazeiro-azedo cultivado sob irrigação com água salina e adubação potássica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de novembro de 2021 e julho de 2022 no setor de fruticultura, localizado na fazenda experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, localizado na cidade de São Domingos, PB, cujas coordenadas são: 06°48’50” de latitude (S) e 37°56’31” de longitude (W), a uma altitude de 190 m.

O clima da região segundo a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (Coelho e Soncin, 1982), é do tipo BSh, clima semiárido quente e seco, a precipitação média pluviométrica é de cerca 750 mm ano⁻¹ com a uma média anual de evaporação de 2000 mm. Os dados agrometeorológicos, foram obtidos da estação meteorológica localizada no distrito de São Gonçalo, na cidade de Sousa, PB, conforme apresentados na Figura 1.

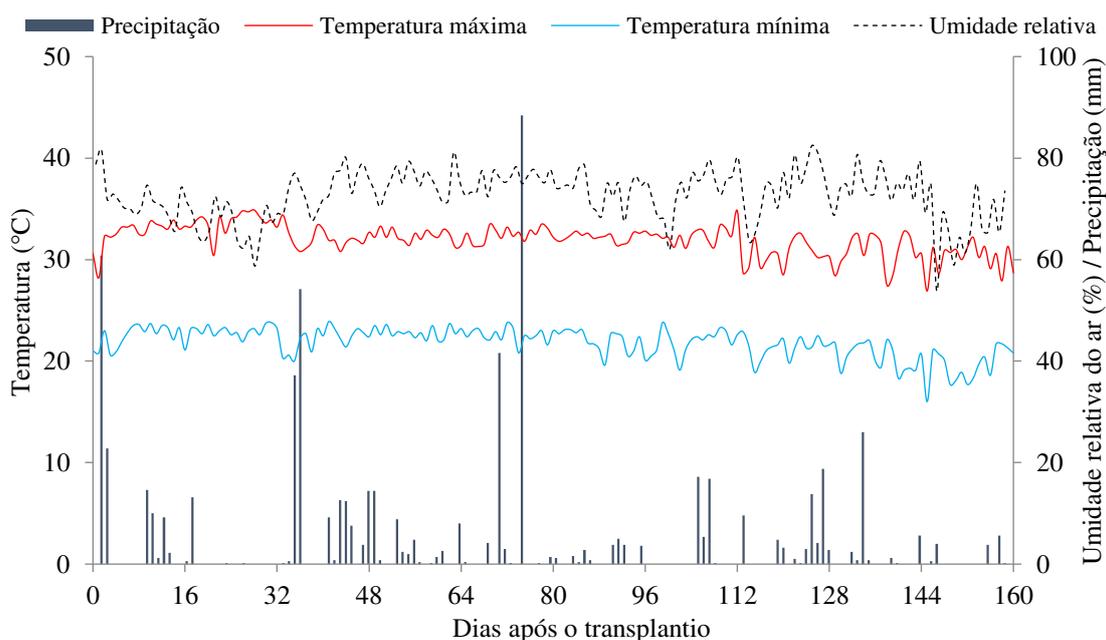


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022).

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 4, cujos tratamentos foram obtidos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (60; 80; 100 e 120% de K₂O da recomendação de Costa et al. (2008), com 3 repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Os níveis de CEa foram estabelecidos

a partir de estudo desenvolvido por Lima et al. (2020). A dose de 100% correspondeu a 345 g de K₂O por planta por ano (Costa et al., 2008), com aplicações iniciadas aos 20 dias após o transplântio (DAT).

Para o estudo foi escolhido o genótipo de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ (BRS SC1), por ter tido o melhor desempenho e maior nível de salinidade limiar dentre os genótipos estudados no experimento I. As mudas foram formadas em condições de ambiente protegido, sobrepostas em bancadas localizadas próximo à área experimental. Utilizou-se sacolas de polietileno com dimensões de 15 × 20 cm (3.534 cm³), preenchidas com substrato composto pela mistura de solo e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1 m³ (em base de volume), respectivamente.

Em cada sacola, foram semeadas três sementes, a uma profundidade de 0,5 cm. Após emergência das plântulas, realizou-se o desbaste, permanecendo apenas uma planta por sacola. Durante a formação das mudas, as irrigações foram feitas com água de abastecimento proveniente da rede municipal da cidade de São Domingos, que apresentava nível de condutividade elétrica igual a 0,3 dS m⁻¹.

O experimento foi realizado sob condições de campo em vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 100 L, preenchidos com 110 kg de um Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico de textura franco arenosa oriundo de uma propriedade particular localizada próximo à área experimental, cujas características físico-hídrica e químicas foram determinadas de acordo com a metodologia de Teixeira et al. (2017), conforme dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características físico-hídrica, química e salinidade								
pH H ₂ O)	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	.....cmol _c kg ⁻¹					
6,01	0,21	0,53	0,12	0,05	3,00	2,44	0,00	0,69
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Areia	Silte	Argila	Umidade (%)	
(dS m ⁻¹)	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	..... (g kg ⁻¹)			0,33 atm	15,0 atm
0,71	6,25	0,61	0,8	75,65	20,01	4,34	33,57	5,01
Classe textural	Porosidade total (%)		33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²	DP (g/cm ³)		DA (g/cm ³)	
Areia Franca	50,54		13,57	5,01	2,65		1,31	

pH – Potencial hidrogeniônico, MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS – Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} correspondente a umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanentes, respectivamente DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira vertical, construída com arame liso de aço galvanizado nº 12, disposta a 1,2 m de altura da superfície do solo do lisímetro. As plantas foram tutoradas com auxílio de barbante de nylon, e quando ultrapassaram 10 centímetros acima da espaldeira foi efetuado a poda da gema apical, visando a emissão dos ramos secundários, os quais foram conduzidos em direções opostas até atingirem o comprimento de 1,50 m cada. Após os ramos secundários atingirem o comprimento pré-estabelecido, foi efetuada a poda da gema apical, para emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até que alcançassem 30 cm de distância da superfície do solo da área experimental, com finalidade de se evitar possíveis contaminações através do contato da planta com o solo. O espaçamento adotado foi de 3,0 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras.

Aos 60 dias após o semeio, ocorreu o transplântio das mudas para os lisímetros, período caracterizado pelo início da emissão de gavinhas e altura em média de 50 cm. Durante os primeiros 30 dias após o transplântio (DAT), todas as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e a partir do 31 DAT tiveram início às irrigações com os distintos níveis de condutividade elétrica da água, conforme tratamentos.

Na adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, foram utilizados a ureia (45% N), o superfosfato simples (20% P₂O₅; 16% Ca²⁺; 10% S) e o sulfato de potássio (51,5% K₂O), respectivamente. O fósforo foi aplicado em uma única vez em fundação, incorporado com o solo no enchimento dos lisímetros. A adubação com nitrogênio e potássio foi feita de maneira parcelada, mensalmente ao longo do ciclo da cultura, adotando a relação (N/K) de 1/1 na fase de floração, 1/2 na fase de frutificação e 1/3 até o final da colheita, conforme recomendação de Costa et al. (2008).

As aplicações de micronutrientes iniciaram-se aos 30 dias após o transplântio (DAT) e foram realizadas quinzenalmente, utilizando-se o Dripsol[®] micro (Mg²⁺ = 1,1%; B = 0,85 %; Cu (Cu-EDTA) = 0,5%; Fe (FeEDTA) = 3,4 %; Mn (Mn-EDTA) = 3,2%; Mo = 0,05%; Zn = 4,2%; possuindo 70% de agente quelante EDTA) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar. Durante as aplicações de micronutrientes foi utilizado espalhante adesivo Haiten[®], na concentração de 0,15 ml L⁻¹.

A água aplicada na irrigação foi proveniente de um poço artesiano situado na área experimental, cuja composição química encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas da água de menor salinidade utilizada no experimento.

Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	CE	pH	RAS
(mmol _c L ⁻¹)								dS m ⁻¹		(mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}
0,17	0,61	1,41	0,29	0,18	0,81	0,00	1,26	0,22	7,10	2,26

CE - Condutividade elétrica. RAS - relação de adsorção de sódio

Para a obtenção dos níveis de condutividade elétrica de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹, foi adicionado a água do poço, cloreto de sódio (NaCl), com ajuste das concentrações da água disponível, sendo considerada a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Eq. 1:

$$C \approx 640 \times CEa \quad (1)$$

Em que:

C = Concentração de sais a ser aplicado (mg L⁻¹);

CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

O sistema de irrigação foi por gotejamento, cada planta com dois gotejadores autocompensantes com vazão de 10 L.h⁻¹. As irrigações foram realizadas diariamente, a partir das 7:00 horas, aplicando em cada lisímetro, o volume correspondente ao obtido pelo balanço hídrico, cujo volume de água a ser aplicado nas plantas foi determinado pela Eq. 2:

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

Em que:

VI = Volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (L);

Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (L);

Vd = Volume de drenado (L);

FL = Fração de lixiviação de 0,15, aplicada a cada 15 dias com o objetivo de reduzir o acúmulo de sais na zona radicular.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capinas manuais, nas entrelinhas dos lisímetros de drenagem e ao redor do colo da planta. O controle de pragas e doenças foi feito de maneira preventiva, sendo utilizados os produtos; Ridomil Gold[®], fungicida composto por Metalaxil-M (40 g kg⁻¹) e Mancozebe (640 g kg⁻¹), na dosagem de 2,5 g L⁻¹, e os inseticidas; Cyprtrin 250 CE[®] (Cipermetrina (250 g L⁻¹)) na dosagem de 1 mL L⁻¹, e o Connect[®] (Beta-ciflutrina (12,5 g L⁻¹) e Imidacloprido (100 g L⁻¹)) com dosagem equivalente a 750 mL ha⁻¹ do produto comercial.

Os efeitos dos distintos tratamentos foram avaliados aos 160 dias após o transplante, através da determinação do acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cloreto (Cl) e enxofre (S) em tecidos foliares e caulinar das plantas de maracujazeiro-azedo. Para isto, foram coletadas das plantas em estágio de plena frutificação, folhas do terço médio dos ramos terciário das plantas, em seguida as amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçada, a 65 °C durante 72 horas. Após seco, o material vegetal foi triturado em moinho tipo Willey e então direcionado para a determinação dos nutrientes estabelecidos.

Para determinação dos teores de nutrientes foram realizadas as digestões, nítrica (P, Na, K, S) e sulfúrica (N). Os teores de Na, P e K foram determinados de acordo com a metodologia de Miyazawa et al. (1992), os de Cl e S de acordo com Tedesco (1995) e nitrogênio pela metodologia estabelecida por Jackson (1967).

A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise de componentes principais (ACP), sintetizando a quantidade de informações relevantes contidas no conjunto de dados original em um menor número de dimensões. Isso resultou de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores maior ou igual a um ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, que explicaram um percentual superior a 10% da variância total (Govaerts et al., 2007).

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling et al. (1947) a 0,05 de probabilidade para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de adubação potássica, assim como para interação entre eles. Apenas variáveis com coeficiente de correlação maiores ou iguais a 0,65 foram mantidas em cada componente principal (CP) (Hair et al., 2009). Para as análises estatísticas utilizou-se o software Statistica v. 7.0.

Os dados que não obtiveram coeficiente de correlação acima de 0,65 foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e verificada a normalidade, aplicou-se a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, quando significativo, realizou-se a análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação potássica, utilizando-se o software estatístico SISVAR - ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores iguais ou maiores que um ($\lambda \geq 1.0$) (Kaiser, 1960). Os autovalores e porcentagem de variância explicada para cada componente (Tabela 3) representaram juntos 79,33% da variação total. O CP1 explicou 49,63% da variância total, representada pela maioria das variáveis e o CP2 representou 29,7% da variância restante. Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água e doses de potássio (CEa \times DK) para o CP1 e CP2 (Tabela 3). Quando analisados de maneira isolada, também foi constatado efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos fatores em ambos os componentes principais.

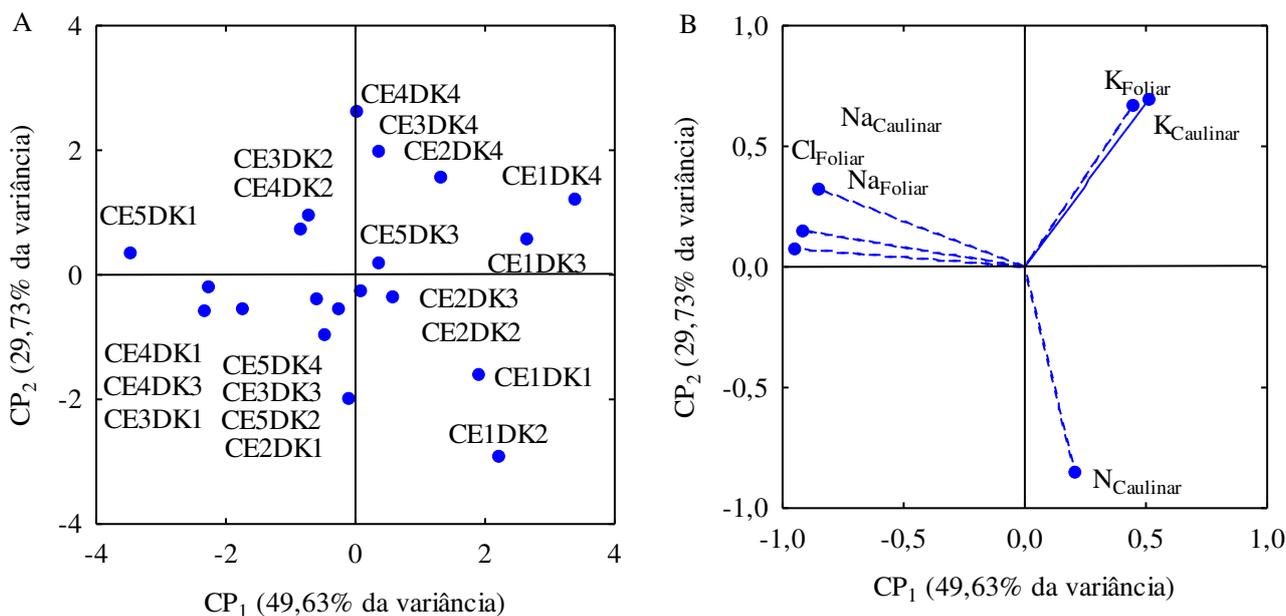
Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada na análise de variância multivariada (MANOVA), probabilidade de significância pelo teste de Hotelling ($p \leq 0,01$) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), doses de potássio (DK) e interação CEa \times DK, e os coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.

		Componentes Principais (CPs)				
		CP ₁	CP ₂			
Autovalores (λ)		2,97	1,78			
Porcentagem de variância total (S ² %)		49,63	29,7			
Teste de Hotelling (T ²) para condutividade elétrica da água (CEa)		0,01	0,01			
Teste de Hotelling (T ²) para doses de potássio (DK)		0,01	0,01			
Teste de Hotelling (T ²) para interação (CEa \times DK)		0,01	0,01			
CPs		Coeficientes de correlação				
	Cl _{Foliar}	Na _{Foliar}	K _{Foliar}	Na _{Caulinar}	K _{Caulinar}	N _{Caulinar}
CP ₁	-0,91	-0,95	0,44	-0,85	0,51	0,20
CP ₂	0,15	0,07	0,67	0,32	0,70	-0,84
Tratamentos		Valores médios				
	Cl _{Foliar}	Na _{Foliar}	K _{Foliar}	Na _{Caulinar}	K _{Caulinar}	N _{Caulinar}
CE1DK1	17,28±0,77	0,98±0,05	22,92±2,57	0,81±0,04	9,46±0,86	22,80±0,7
CE1DK2	15,95±1,54	0,88±0,05	17,59±0,24	0,83±0,03	10,01±1,12	36,43±2,9
CE1DK3	19,50±1,02	0,99±0,02	35,31±1,24	0,79±0,11	16,24±0,90	17,10±1,2
CE1DK4	15,07±0,85	0,65±0,10	36,84±3,44	0,73±0,03	18,16±5,19	12,70±1,2
CE2DK1	32,79±0,51	1,69±0,007	14,84±0,30	0,91±0,01	11,64±0,99	29,90±0,9
CE2DK2	25,70±3,07	1,42±0,05	24,89±0,01	1,41±0,04	11,39±0,76	19,61±2,4
CE2DK3	28,36±1,28	1,57±0,05	28,21±3,86	1,32±0,01	9,49±0,10	15,30±1,3
CE2DK4	22,60±4,09	1,37±0,06	36,86±2,07	1,38±0,06	21,56±0,98	7,81±0,1
CE3DK1	31,91±2,05	2,36±0,05	11,86±0,05	1,43±0,07	9,31±1,06	8,02±2,2
CE3DK2	28,36±0,28	1,64±0,09	22,96±1,59	2,18±0,12	12,59±0,90	4,95±0,6
CE3DK3	30,47±0,86	1,76±0,06	26,59±0,27	1,33±0,07	9,61±0,34	19,12±2,1
CE3DK4	26,59±2,54	1,57±0,09	34,59±1,42	1,73±0,09	14,74±0,62	2,51±0,2
CE4DK1	31,31±1,56	2,19±0,11	24,44±2,03	2,68±0,17	6,11±0,60	13,30±2,3
CE4DK2	34,12±1,79	1,94±0,05	12,61±2,67	2,07±0,05	11,51±0,51	18,61±1,1
CE4DK3	33,68±1,03	2,14±0,10	36,54±0,54	2,41±0,17	9,55±0,38	13,54±2,4
CE4DK4	31,61±2,82	1,70±0,08	29,86±1,22	2,05±0,06	15,11±3,11	5,42±1,0
CE5DK1	44,76±0,26	2,67±0,005	24,29±2,20	2,72±0,14	9,79±0,53	17,52±1,4
CE5DK2	28,36±1,02	1,84±0,11	23,44±1,31	1,73±0,06	8,16±0,11	24,93±3,2
CE5DK3	28,36±2,05	1,46±0,11	31,16±0,37	1,57±0,07	12,09±0,12	17,91±2,6
CE5DK4	29,25±0,51	1,27±0,03	28,39±0,24	2,18±0,02	8,19±0,47	14,70±0,7

CE - Condutividade elétrica da água, CE1 (0,3 dS m⁻¹); CE2 (1,1 dS m⁻¹); CE3 (1,9 dS m⁻¹); CE4 (2,7 dS m⁻¹); CE5 (3,5 dS m⁻¹); DK - doses de adubação potássica, DK1 - 60% da recomendação de K₂O; DK2 - 80% da recomendação de K₂O; DK3 - 100% da recomendação de K₂O; DK4 - 120% da recomendação de K₂O; \pm - desvio padrão da amostra; Cl_{Foliar} - cloreto foliar (g kg⁻¹); Na_{Foliar} - sódio foliar (g kg⁻¹); K_{Foliar} - potássio foliar (g kg⁻¹); Na_{Caulinar} - sódio caulinar (g kg⁻¹); K_{Caulinar} - potássio caulinar (g kg⁻¹) e N_{Caulinar} - nitrogênio caulinar (g kg⁻¹)

Os efeitos dos tratamentos e as variáveis estão expressos nas Figuras 2A e 2B referente ao primeiro e segundo componente principal (CP1 e CP2). No primeiro componente principal (CP1) denota-se possível interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de potássio (CEa \times DK). Contata-se que, os

coeficientes de correlação foram iguais ou superiores a 0,85 para os teores de cloreto foliares e sódio nas folhas e no caule das plantas de maracujazeiro-azedo.



CE - Condutividade elétrica da água, CE1 (0,3 dS m⁻¹); CE2 (1,1 dS m⁻¹); CE3 (1,9 dS m⁻¹); CE4 (2,7 dS m⁻¹); CE5 (3,5 dS m⁻¹); DK – doses de adubação potássica, DK1 (60% da recomendação de K₂O); DK2 (80% da recomendação de K₂O); DK3 (100% da recomendação de K₂O); DK4 (120% da recomendação de K₂O). Cl_{Foliar} - cloreto foliar; Na_{Foliar} - sódio foliar; K_{Foliar} - potássio foliar; Na_{Caulinar} - sódio caulinar; K_{Caulinar} - potássio caulinar; N_{Caulinar} - nitrogênio caulinar

Figura 2. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores níveis condutividade elétrica da água – CEa e doses de potássio – DK de maracujazeiro-azedo (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).

Os maiores teores de Cl_{Foliar}, Na_{Caulinar} e, Na_{Foliar} foram obtidos nas plantas cultivadas com água de irrigação de CE de 3,5 dS m⁻¹ e adubação potássica com 60% da recomendação de K₂O (CE5K1) cujos valores foram de 44,76 g kg⁻¹; 2,72 g kg⁻¹ e 2,67 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Os menores valores para os teores de Cl_{Foliar}, Na_{Caulinar} e, Na_{Foliar}, foram das plantas submetidas ao menor nível de condutividade elétrica (0,3 dS m⁻¹), e dose de potássio correspondente a 120% da recomendação de K₂O (CE1DK4), cujos valores foram de 15,07 g kg⁻¹; 0,73 g kg⁻¹ e 0,65 g kg⁻¹, respectivamente, ou seja, reduções de 66,33% (29,69 g kg⁻¹); 72,95% (1,99 g kg⁻¹) e 75,62% (2,01 g kg⁻¹), respectivamente, quando comparados os valores das plantas submetidas ao tratamento CE1K4 em relação ao CE5K1.

O aumento nos teores de sódio e cloreto nos tecidos foliares e caulinares do maracujazeiro-azedo em função do incremento da condutividade elétrica da água de irrigação pode ser explicado, visto que, plantas quando submetidas às condições de

estresses salino perdem a capacidade seletiva da membrana celular, culminando no acúmulo de íons no meio intercelular (Fernandes e Souza, 2006). Já a redução nos teores de Na^+ foliar e caulinar em função do incremento da adubação potássica observada neste trabalho, está relacionada a uma das funções do potássio, uma vez que, ele contribui na tolerância das plantas à salinidade pela ação competitiva com o Na^+ , reduzindo a quantidade absorvida e acúmulo nos tecidos vegetais (Capula-Rodríguez et al., 2016). A adubação potássica com finalidade de aumentar a relação K^+/Na^+ é uma prática de manejo eficiente na tolerância das plantas em condições de salinidade (Elchindi et al., 2016).

Lima et al. (2015), ao avaliarem o crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoneira sob estresse salino (CEa variando de 0,3 a 3,9 dS m^{-1}) e adubação nitrogenada (70; 100; 130 e 160% da recomendação – 100 mg N kg^{-1} de solo), também constataram que, o aumento da salinidade da água de irrigação resultou em incremento nos teores de sódio e cloreto em folhas e caules das plantas, aos 120 dias após a semeadura.

Ao verificar os resultados obtidos no componente principal 2, constata-se que, os autovalores foram iguais ou superiores a 0,67 para os teores de potássio foliares e caulinar e nitrogênio no caule das plantas de maracujazeiro-azedo. Os maiores teores de potássio no caule ($\text{K}_{\text{Caulinar}}$) e nas folhas (K_{Foliar}) foram das plantas irrigadas com água de 1,1 dS m^{-1} e adubação potássica com 120% da recomendação de K_2O (CE2DK4), equivalente a 21,56 g kg^{-1} e 36,86 g kg^{-1} , respectivamente (Tabela 3). O menor teor de $\text{K}_{\text{Caulinar}}$ foi de 6,11 g kg^{-1} , quando as plantas foram submetidas a salinidade da água de 2,7 dS m^{-1} e adubação com 60% de K_2O , isso representa uma redução de 93,13% (3,39 g kg^{-1}) em relação ao tratamento CE2DK4. Já nas folhas (K_{Foliar}), o menor valor (11,86 g kg^{-1}) foi observado quando o nível de condutividade elétrica da água de irrigação foi elevado para 1,9 dS m^{-1} e adubação potássica com 60% de K_2O (CE3DK1), de 11,86 g kg^{-1} , o que equivale a uma redução de 37,87% em relação ao tratamento CE2DK4 (Tabela 3).

Nesse trabalho, os teores de K_{Foliar} de todas as plantas que receberam adubação equivalente a 100 e 120% da recomendação de K_2O independentemente do nível de condutividade elétrica da água de irrigação, encontra-se dentro da faixa considerada ideal por Diniz et al. (2020), que é de 25 a 35 g kg^{-1} (Tabela 3). Já as plantas que receberam adubação potássica em níveis abaixo do recomendado (60 e 80% de K_2O), encontravam-se com deficiência de K nos tecidos foliares. O aumento na concentração de sódio na zona radicular pode reduzir a quantidade de potássio disponível para as plantas, devido à relação competitiva de absorção entre os dois íons (Hosseini et al., 2023).

Freire et al. (2020), ao avaliarem os teores e acúmulos de nutrientes em mudas de maracujazeiros sob salinidade hídrica (0,5 a 3,5 dS m⁻¹) e uso de urina de vaca, constataram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, de 0,5 para 3,5 dS m⁻¹, reduziu os teores foliares de potássio (K) nas mudas de maracujazeiro.

Quanto aos teores de nitrogênio no caule (N_{Caulinar}), o maior valor (36,43 g kg⁻¹) foi alcançado nas plantas cultivadas sob irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹ e adubação potássica com 80% da recomendação de K₂O (CE1DK2) e o menor valor (2,51 g kg⁻¹) quando as plantas receberam irrigação com água de condutividade elétrica de 2,7 dS m⁻¹ e adubação com dose de 120% da recomendação de K₂O (CE3DK4) (Tabela 3), equivalente a uma redução nos teores de nitrogênio de 93,13% (33,95 g kg⁻¹) no tratamento CE1DK2 em relação ao CE3DK4.

A salinidade promove alterações na dinâmica dos nutrientes no solo, interferindo negativamente na disponibilidade e absorção de elementos essenciais, como potássio (K), cálcio (Ca) e nitrogênio (N), além proporcionar acúmulo de íons sódio (Na⁺) e cloro (Cl⁻) nos tecidos vegetais (Bouras et al., 2023). O incremento nos teores de sódio e cloreto nas plantas, ocasiona redução nas concentrações de nitrogênio, devido as relações antagônicas entre Na⁺ e Cl⁻ com as formas disponíveis de N nas plantas, como, por exemplo, o amônio e o nitrato (Roy e Chowdhury, 2020).

Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × DK) sob os teores de nitrogênio foliares (N_{Foliar}), cloreto caulinar (Cl_{Caulinar}) e fósforo no caule (P_{Caulinar}) e nas folhas (P_{Foliar}) de plantas de maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado', aos 160 dias após o transplântio (Tabela 4).

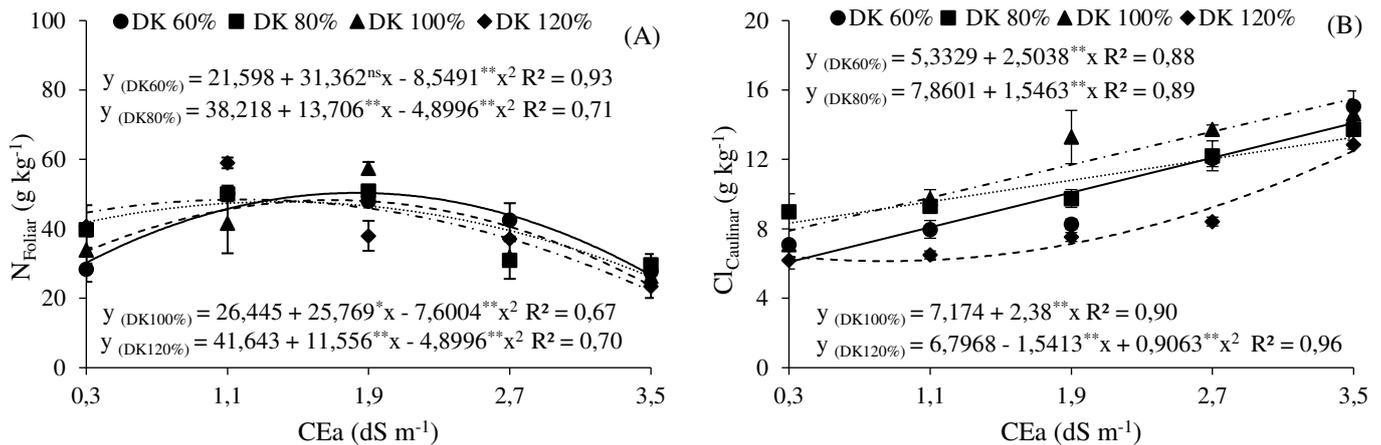
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente aos teores de nitrogênio foliares (N_{Foliar}), cloreto no caule (Cl_{Caulinar}), fósforo no caule (P_{Caulinar}) e folhas (P_{Foliar}), enxofre no caule (S_{Caulinar}) e folhas (S_{Foliar}) do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ cultivado sob salinidade da água de irrigação (CE) e adubação potássica (DK), aos 160 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		N_{Foliar}	Cl_{Caulinar}	P_{Caulinar}	P_{Foliar}	S_{Caulinar}	S_{Foliar}
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	11,65**	85,90**	1,15**	3,47**	622,91 ^{ns}	16,14 ^{ns}
Regressão Linear	1	12,63**	333,53**	0,05 ^{ns}	2,24**	250,99 ^{ns}	7,05 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	28,86**	9,97**	1,83*	7,60**	46,96 ^{ns}	16,18 ^{ns}
Doses de potássio (DK)	3	0,11 ^{ns}	31,08**	3,15**	1,54**	81,07 ^{ns}	0,90 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,01 ^{ns}	15,05**	5,03**	1,40*	240,59 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,00 ^{ns}	63,05**	0,31 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,15 ^{ns}	2,57 ^{ns}
Interação (CEa × DK)	12	1,35**	4,32**	1,81**	1,32**	466,31 ^{ns}	16,10 ^{ns}
Bloco	2	0,50**	1,93	0,83	0,49	1,47	27,96
Resíduo	38	0,36	1,05	0,27	0,29	15,97	18,77
CV (%)		15,41	10,04	22,35	19,10	14,50	7,83

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

Para os teores de nitrogênio foliar (N_{Foliar}) do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’, os valores máximos estimados de 50,4; 47,8; 48,3 e 54,0 g kg⁻¹ foram obtidos nas plantas que receberam irrigação com CEa de 1,8; 1,4; 1,7 e 1,6 dS m⁻¹ e adubação com doses de 60, 80, 100 e 120% da recomendação de K₂O, respectivamente (Figura 3A), havendo redução à medida em que houve incremento nos níveis de CEa de irrigação. Nesse sentido, através dos modelos matemáticos (Figura 3A), sob nível de CEa de irrigação na faixa de 0,7 a 2,5 dS m⁻¹, as plantas de maracujazeiro-azedo encontravam-se dentro da faixa de suficiência estabelecida por Malavolta et al. (1997), que é de 40 a 50 g kg⁻¹.

Os teores de nitrogênio nas plantas podem ser afetados negativamente devido ao efeito antagônico existente entre o nitrato e o cloreto presente na solução do solo, que pode ainda ser agravado pela redução da transpiração foliar (Oliveira et al., 2011). Bouras et al. (2023), avaliando o uso de irrigação com água salina (0,7 a 12 dS m⁻¹) e fertilização com fósforo (85; 102 e 120 g P₂O₅ ha⁻¹) na cultura do trigo (*Triticum aestivum*) constataram que a salinidade reduziu significativamente os teores de N em 20, 15 e 25%, respectivamente, sob níveis de salinidade de 4, 8 e 12 dS m⁻¹ em comparação com o controle em plantas.

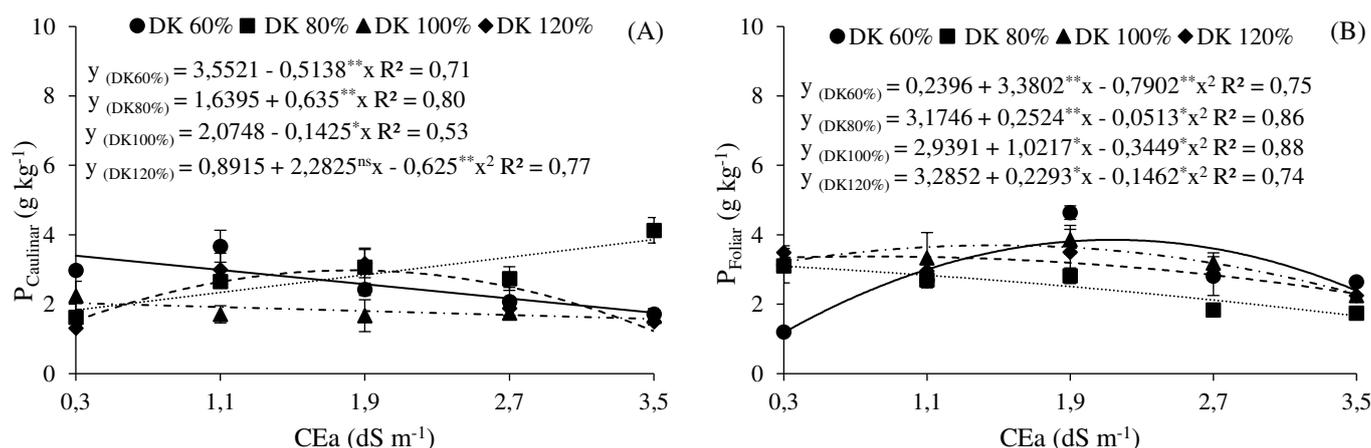


^{ns}, ^{**} e ^{*} representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). DK 60% - 60% da recomendação de K₂O; DK 80% - 80% da recomendação de K₂O; DK 100% - 100% da recomendação de K₂O; DK 120 - 120% da recomendação de K₂O.

Figura 3. Teores de nitrogênio foliares – N_{Foliar} (A) e cloreto no caule – Cl_{Caulinar} (B), do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplântio.

Os teores de cloreto no caule (Cl_{Caulinar}) aumentaram linearmente com acréscimos de 2,50; 1,54 e 2,38 g kg⁻¹ por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação nas plantas que receberam doses de potássio equivalentes a 60; 80 e 100% da recomendação de K₂O, respectivamente (Figura 3B). Ao comparar as plantas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ em relação as cultivadas sob CE de 0,3 dS m⁻¹ e adubação com 60; 80 e 100% de K₂O, verifica-se incremento nos teores de Cl_{Caulinar} de 131,69; 59,44 e 96,55%, respectivamente. Já com doses de potássio com 120% da recomendação de K₂O, o valor máximo estimado de 12,50 g kg⁻¹ foi alcançado nas plantas irrigadas com água de irrigação de 3,5 dS m⁻¹.

Quanto aos teores de fósforo no caule (P_{Caulinar}), na proporção em que se aumentou os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação tiveram reduções nos teores de P_{Caulinar} nas plantas adubadas com doses de 60 e 100% da recomendação de K₂O, com diminuições de 48,39% (1,64 g kg⁻¹) e 22,44% (0,46 g kg⁻¹), respectivamente (Figura 4A). Com a dose de 80% da recomendação de K₂O, houve aumento nos teores de fósforo no caule com o aumento da CEa de irrigação de 52,16% (2,03 g kg⁻¹) em relação ao menor nível salino da água (0,3 dS m⁻¹). Nas plantas adubadas com doses de potássio de 120% da recomendação de K₂O, o maior valor estimado (2,98 g kg⁻¹) foi sob condutividade elétrica da água de 1,8 dS m⁻¹.



^{ns}, ^{**} e ^{*} representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). DK 60% - 60% da recomendação de K₂O; DK 80% - 80% da recomendação de K₂O; DK 100% - 100% da recomendação de K₂O; DK 120 - 120% da recomendação de K₂O.

Figura 4. Teores de fósforo foliares – P_{Caulinar} (A) e no caule – P_{Foliar} (B), do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplântio.

Para os teores de fósforo foliares (P_{Foliar}), os valores máximos estimados de 3,85; 3,48; 3,70 e 3,38 g kg⁻¹ foram obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 2,2; 2,4; 1,5 e 0,8 dS m⁻¹ e adubadas com doses de 60, 80, 100 e 120% da recomendação de K₂O, respectivamente (Figura 4B). Malavolta et al. (1997), indicam como faixa adequada de P nos tecidos foliares das plantas de maracujazeiro entre 4 e 5 g kg⁻¹, assim, os resultados observados no presente estudo são considerados insuficientes para atender à exigência nutricional da cultura.

Os autores Lima et al. (2023b), estudando o acúmulo de nutrientes no primeiro ciclo de cultivo em plantas de maracujazeiro-azedo sob estresse salino (0,3 e 4,0 dS m⁻¹ - variando as fases fenológicas) e adubação potássica (207 e 345 g K₂O por planta) também constataram insuficiência no teor de fósforo (1,91 a 2,53 g kg⁻¹), além de redução no teor de P_{Foliar} em função do incremento da CEa de irrigação. O excesso de sais na água e/ou no solo pode promover redução da absorção e acúmulo de fósforo nas plantas, devido aos efeitos relacionados à força iônica, que ocasionam a redução da atividade do fosfato na solução do solo em virtude do aumento das concentrações de íons de Na⁺ e Cl⁻ no solo (Freire et al., 2020).

As interações entre salinidade e nutrição mineral são processos muito complexos devido à influência de fatores externos, como espécies de plantas, genótipos, idade da

planta, o tipo de íon e nível de salinidade, teor de nutrientes no substrato e condições climáticas (Fageria et al., 2011). Assim, nessa pesquisa os teores de nutrientes aos 160 DAT, variaram seguindo a ordem de concentração $N > Cl > P > Na > K$, tanto nas folhas enquanto no caule, em função do incremento na condutividade elétrica da água de irrigação.

4. CONCLUSÕES

O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu aumento nos teores de sódio e cloreto em folhas e caules das plantas de maracujazeiro-azedo;

A dose de potássio com 60% da recomendação de K_2O promove incremento nos teores de fósforo nas folhas do maracujazeiro-azedo sob irrigação com água de até $2,2 \text{ dS m}^{-1}$;

A irrigação com água de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e adubação potássica com doses de até 120% da recomendação de K_2O não influenciou de forma significativa no acúmulo de enxofre em plantas de maracujazeiro-azedo, aos 160 dias após o transplantio.

Os teores de nutrientes nas folhas e caules do maracujazeiro-azedo variaram segundo a mesma ordem de concentração: $N > Cl > P > Na > K$, em função do incremento na condutividade elétrica da água de irrigação, aos 160 DAS.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bouras, H.; Mamassi, A.; Devkota, K. P.; Choukr-Allah, R.; Bouazzama, B. Integrated effect of saline water irrigation and phosphorus fertilization practices on wheat (*Triticum aestivum*) growth, productivity, nutrient content and soil proprieties under dryland farming. *Plant Stress*, v.10, p.1-13, 2023.
- Capula-Rodríguez, R.; Valdez-Aguilar, L. A.; Cartmill, D. L.; Cartmill, A. D.; Alia-Tejacal, I. Supplementary calcium and potassium improve the response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to simultaneous alkalinity, salinity, and boron stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.47, n.4, p.505-511, 2016.
- Coelho, M. A.; Soncin, N. B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- Conde, A.; Silva, P.; Agasse, A.; Conde, C.; Gerós, H. Mannitol transport and mannitol dehydrogenase activities are coordinated in *Olea europaea* under salt and osmotic stresses. *Plant and Cell Physiology*, v.52, n.10, p.1766-1775, 2011.
- Costa, A. de F. S.; Costa, A. N.; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. de M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. de. *Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro*. Vitória, ES: Incaper (Incaper. Documentos, 162). 2008. 56p.
- Diniz, A. A.; Cavalcante, L. F.; Souto, A. G. de L.; Cardoso, E. de A.; Souto, P. C., Mendonça, R. M. N.; Dias, N. da S. Leaf composition and productivity of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) Access" Guinezinho" in soil with bovine biofertilizer and nitrogen. *Australian Journal of Crop Science*, v.14, n.1, p.133-139, 2020.
- Elhindi, K. M.; El-Hendawy, S.; Abdel-Salam, E.; Schmidhalter, U.; Rehman, S. U. Foliar application of potassium nitrate affects the growth and photosynthesis in coriander (*Coriander sativum* L.) plants under salinity. *Progress in Nutrition*, v.18, n.1, p.63-73, 2016.
- Fageria, N. K.; Gheyi, H. R.; Moreira, A. Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*, v.34, n.7, p.945-962, 2011.
- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- Fernandes, M. S.; Souza, S. R. Absorção de nutrientes. In: Fernandes, M.S. (ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 116-152.

- Freire, J. L. de O.; Nascimento, G. dos S.; Medeiros, A. K. de A. Teores e acúmulos de nutrientes em mudas de maracujazeiros sob salinidade hídrica e uso de urina de vaca. *Nativa*, v. 8, n.4, p.464-475, 2020.
- 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 Soil*, v.291, p.39-54, 2007.
- Hair, F. J.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman. 688p.
- Hosseini, S. J.; Tahmasebi-Sarvestani, Z.; Mokhatassi-Bidgoli, A.; Keshavarz, H.; Kazemi, S.; Khalvandi, M.; Pirdashti, H.; Bovand, F.; Abassian, A. Do various levels of salinity change chlorophyll fluorescence, nutrient uptake, and physiological characteristics of *Mentha* ecotypes?. *Industrial Crops and Products*, v.203, p.1-13, 2023.
- Hotelling, H.; Eisenhart, C.; Hastay, M. W.; Wallis, W. A. *Multivariate quality control. Techniques of statistical analysis*. New York: John Wiley & Sons. 1947. 73p.
- Isayenkoy, S.; Maathuis, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, v.10, p. 1-11, 2019.
- Jackson, M.L. Nitrogen Determination for Soils and Plant Tissue. *Soil Chemical Analysis*, 1967, p.183-204.
- Kaiser, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*, v.20, n.1, p.141-151. 1960.
- Lima, G. S. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Pinheiro, F. W. A.; Dias, A. S. Crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Comunicata Scientiae*, v.6, n.2, p.212-223, 2015.
- Lima, G. S. de; Silva, A. A. R. da; Torres, R. A. F. T.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Silva, F. A. da; Nobre, R. G. N.; Azevedo, C. A. V. de; Lopez, K. P.; Chaves, L. H. G.; Lima, V. L. A. de. NPK Accumulation, Physiology, and Production of Sour Passion Fruit under Salt Stress Irrigated with Brackish Water in the Phenological Stages and K Fertilization. *Plants*, v.12, n.7, p.1-18, 2023b.
- Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Paiva, F. J. da S.; Soares, L. A. dos A.; Torres, R. A. F.; Silva, S. T. de A.; Gheyi, H. R.; Lopes, K. P. Tolerance of sour passion fruit

- cultivars to salt stress in a semi-arid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n.10, p.785-794, 2023a.
- Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, V. K. N. de. Dano celular e pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo em função da natureza catiônica da água. *Irriga*, v.25, n.4, p.663-669, 2020.
- Liu, M.; Ma, W.; Su, X.; Zhang, X. M.; Y. Lu, S. Zhang, Yan, J.; Feng, D.; Ma, L.; Taylor, A.; Ge, Y.; Cheng, Q.; Xu, K.; Wang, Y.; Li, N.; Gu, A.; Shang, J.; Luo, S.; Xuan, S.; Chen, X.; Shen, S. Mutation in a chlorophyll-binding motif of Brassica ferrochelata enhances both heme and chlorophyll biosynthesis. *Cell Reports*, v.41, n.10, p.1-21, 2022.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações; POTAFOS: Piracicaba, Brazil, 1997; 201p.
- Miyazawa, M.; Pavan, M. A.; Bloch, M. F. Análise química do tecido vegetal. Londrina: IPAR, 1992.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S, Department of Agriculture. 1954. 160 p.
- Roy, S.; Chowdhury, N. Salt Stress in Plants and Amelioration Strategies: A Critical Review. IntechOpen. Abiotic stress in plants, 2020.
- Seleiman, M. F.; Aslam, M. T.; Alhammad, B. A.; Hassan, M. U.; Maqbool, R.; Chattha, M. U.; Khan, I.; Gitari, H. I.; Uslu, O. S.; Roy, R.; Battaglia, M. L. Salinity stress in wheat: effects, mechanisms and management strategies. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, v.91, n.4, p.667-694, 2022.
- Shalaby, O. A. E. S.; Farag, R.; Ibrahim, M. F. Effect of hydrogen sulfide and hydrogen peroxide on growth, yield and nutrient content of broccoli plants grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, n.316, p. 1-9, 2023.
- Tedesco, M. J.; Cianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 573 p. 2017.

- Tital, M.; Mir, R.; A.; Jatav, K. S.; Agarwal, R. M. Supplementation of potassium alleviates water stress-induced changes in *Sorghum bicolor* L. *Physiologia Plantarum*, v.172, e.2, p.1149-1161, 2021.
- Tiwari, S.; Sharma, B.; Bisht, N.; Tewari, L. Role of beneficial microbial gene pool in mitigating salt/nutrient stress of plants in saline soils through underground phytostimulating signalling molecules. *Pedosphere*, v.33, n.1, p.153-171, 2023.

CAPÍTULO V

PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO: O estresse salino é um dos fatores responsáveis pela limitação da produção de várias culturas de interesse agrônômico, podendo afetar também a qualidade dos produtos. Nessa perspectiva, o suprimento ideal de potássio é uma das práticas de manejo que pode atenuar os efeitos dos sais sob as plantas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção e a qualidade pós-colheita de frutos do maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado' em função da irrigação com águas salinas e adubação potássica. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de campo na fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, em São Domingos, Paraíba. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio - DK (60; 80; 100 e 120% da recomendação de K₂O) com três repetições. A salinidade da água de 2,7 dS m⁻¹ associada a adubação com 60 e 80% da recomendação de K₂O, aumentou os teores de sólidos solúveis e ácido ascórbico nos frutos de maracujazeiro-azedo. Irrigação com água de 3,5 dS m⁻¹ com uso de 80 e 100% da adubação de potássio aumentou os teores de açúcares totais dos frutos de maracujazeiro-azedo. A irrigação com água de 3,5 dS m⁻¹ associada a aplicação de 60% da recomendação de potássio proporcionou maior rendimento de polpa de maracujazeiro-azedo.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims, estresse abiótico, osmorregulação, nutrição de plantas.

**PRODUCTION AND POST-HARVEST QUALITY OF SOUR PASSION FRUIT
FRUITS IRRIGATED WITH SALINE WATER AND POTASSIUM
FERTILIZATION**

Abstract: Saline stress is one of the factors responsible for limiting the production of several crops of agronomic interest, and can also affect the quality of the products. From this perspective, the ideal supply of potassium is one of the management practices that can mitigate the effects of salts on plants. The objective of this study was to evaluate the production and post-harvest quality of fruits of the sour passion fruit 'BRS Sol do Cerrado' as a function of irrigation with saline water and doses of potassium fertilizer. The research was carried out under field conditions at the experimental, the Federal University of Campina Grande, farm in São Domingos-PB. A randomized block design was adopted, in a 5 × 4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - EC_w (0.3, 1.1, 1.9, 2.7, and 3.5 dS m⁻¹) and four doses of potassium - DK (60, 80, 100, and 120% of the recommendation) with 3 repetitions. Water salinity of 2.7 dS m⁻¹ associated with fertilization with 60 and 80% of the K₂O recommendation increased the levels of soluble solids and ascorbic acid in sour passion fruit. Water of 3.5 dS m⁻¹ with the use of 80 and 100% potassium fertilizer increased the total sugar content of sour passion fruit. Irrigation with water of 3.5 dS m⁻¹ associated with the application of 60% of the potassium recommendation provided a higher yield of sour passion fruit pulp.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims, abiotic stress, osmoregulation, plant nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora*, é composto por mais de 500 espécies de maracujá, encontradas em regiões de clima tropical e subtropical de todo o mundo, sendo a mais comum a *Passiflora edulis* Sims (Guimarães et al., 2020; Melo et al., 2020). O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é a espécie mais cultivada comercialmente (Costa et al., 2023), pois além de servir como fonte de alimento, a fruta é rica em nutrientes e possui uma variedade de substâncias biologicamente ativas, com efeitos imunológico e prevenção de doenças (Xu et al., 2023).

No ano de 2022, o Brasil produziu mais de 697 mil toneladas de maracujá, alcançando uma produtividade média de 15.303 kg ha⁻¹, e a região Nordeste foi responsável por quase 70% de toda a produção nacional (IBGE, 2023). Contudo, considerando a série histórica dos últimos dez anos (2013 a 2022), apesar de ser responsável por grande parte da produção anual, esta região tem um baixo rendimento produtivo (14.766 kg ha⁻¹), sendo inferior à média nacional e de regiões, como o Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Um dos possíveis fatores responsáveis por esse cenário, pode estar relacionado ao uso de água com elevados teores de sais, prática comum entre os produtores desta região, em razão da limitação hídrica imposta pelas condições climáticas. A salinidade da água de irrigação reduz o potencial osmótico do solo, restringindo a disponibilidade da água e nutrientes para as plantas, além de aumentar o acúmulo de íons de sódio (Na⁺) e cloreto (Cl⁻) até níveis tóxicos (Rady et al., 2023) afetando o transporte de água na planta, pelo aumento da resistência hidráulica do xilema da raiz, caule e folhas (Stiller, 2009; Abdalla et al., 2022).

Sob estresse salino, processos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados, como a fotossíntese, o metabolismo lipídico e hormonal, a síntese de proteínas e a atividade enzimática (Li et al., 2012), reduzindo assim, a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos (Mohamed et al., 2020; Azzam et al., 2022) e, em casos mais severos, ocasionando a morte celular, devido a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) pelo estresse oxidativo (Rahimi et al., 2021).

Neste sentido, faz-se necessário o emprego de estratégias de manejo que visem a atenuação do estresse salino sob as culturas, como, por exemplo, a adubação com potássio (K). O potássio atua diretamente na atividade fotossintética, na manutenção de água nos

tecidos vegetais, na síntese de proteínas além da formação, transporte e armazenamento de carboidratos no floema nas plantas (Meurer et al., 2018; Abdelraouf et al., 2022).

O K pode mitigar os efeitos do estresse salino através de diversos mecanismos, como pela capacidade de redução no conteúdo intercelular de espécies reativas de oxigênio, fortalecimento da atividade de enzimas antioxidantes e pelo incremento na absorção de nitrogênio pelas plantas (Tittal et al., 2021). O potássio atua nos diversos processos metabólicos e resulta em efeitos significativos na qualidade pré e pós-colheita dos frutos, afetando características morfológicas, bioquímicas, nutricionais e aspectos de comercialização e industrialização dos produtos (Asaduzzaman e Asao, 2018).

De acordo com o regulamento técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de maracujá (PIQ), do Ministério da Agricultura, a polpa de maracujá deve dispor de coloração amarelo a alaranjado, com sabor ácido e aroma próprio, com teores mínimos de sólidos solúveis (° Brix), pH e ácido cítrico de 11,0; 2,7 e 2,5, respectivamente (BRASIL, 2018).

Ante o exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ irrigado com água salina e adubação potássica em condições de semiárido Paraibano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de novembro de 2021 e julho de 2022 no setor de fruticultura, localizado na Fazenda Experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de São Domingos, PB, cujas coordenadas são: 06°48’50” de latitude S e 37°56’31” de longitude W, a uma altitude de 190 m.

Segundo a classificação climática de Koppen adaptada ao Brasil (Coelho e Soncin, 1982), o clima da região é do tipo BSh, clima semiárido quente e seco, a precipitação média pluviométrica é de cerca 750 mm ano⁻¹ com a uma média de evaporação de 2000 mm. Os dados agrometeorológicos, foram obtidos da estação meteorológica localizada no distrito de São Gonçalo, na cidade de Sousa, PB, conforme apresentados na Figura 1.

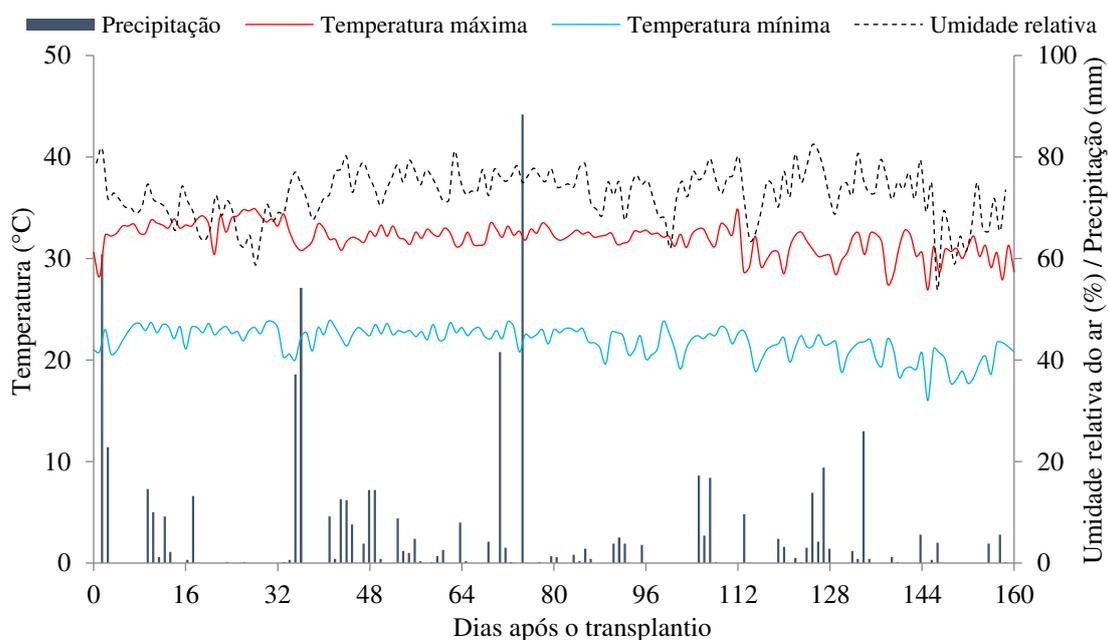


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental (janeiro a julho de 2022).

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 4, cujos tratamentos foram obtidos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹), e quatro doses de potássio (60; 80; 100 e 120% da recomendação de K₂O de Costa et al. (2008), com 3 repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Os níveis de CEa foram adotados de acordo com estudo desenvolvido por Lima et al. (2020). A dose de 100% correspondeu a

345 g de K₂O por planta por ano (Costa et al., 2008), com aplicações iniciadas aos 20 dias após o transplântio (DAT).

O genótipo de maracujazeiro-azedo escolhido foi o ‘BRS Sol do Cerrado’ (BRS SC1) com base no nível de salinidade limiar identificado na etapa I. As mudas foram formadas em condições de ambiente protegido, sobrepostas em bancadas localizadas próximo à área experimental. Como recipientes, utilizou-se sacolas de polietileno com dimensões de 15 × 20 cm (3.534 cm³), preenchidas com substrato composto pela mistura de solo e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1 m³ (em base de volume), respectivamente. Foram semeadas três sementes por sacola, a uma profundidade de 0,5 cm de profundidade. Após emergência das plântulas, realizou-se o desbaste, permanecendo apenas uma planta por sacola. Durante a formação das mudas, as irrigações foram feitas com água de abastecimento proveniente da rede municipal da cidade de São Domingos, que apresentava nível de condutividade elétrica igual a 0,3 dS m⁻¹.

O experimento foi realizado sob condições de campo (à céu aberto) em vasos adaptados para lisímetros de drenagem, com capacidade de 100 L, preenchidos com aproximadamente 110 kg de um Neossolo Flúvico Ta Eutrófico (Entisol) típico de textura areia franca oriundo de uma propriedade particular localizada próximo à área experimental, cujas características físico-hídrica, químicas e de salinidade foram determinadas seguindo metodologias recomendadas por Teixeira et al. (2017), conforme apresentadas na Tabela 1.

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

Características físico-hídrica, química e salinidade								
pH H ₂ O)	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	.....cmol _c kg ⁻¹					
6,01	0,21	0,53	0,12	0,05	3,00	2,44	0,00	0,69
CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	Areia	Silte	Argila	Umidade (%)	
(dS m ⁻¹)	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	..... (g kg ⁻¹)			0,33 atm ¹	15,0 atm ²
0,71	6,25	0,61	0,8	75,65	20,01	4,34	33,57	5,01
Classe textural	Porosidade total (%)		33,42 kPa ¹		1519,5 kPa ²		DP (kg cm ⁻³)	DA (kgcdm ⁻³)
Areia Franca	50,54		13,57		5,01		2,65	1,31

pH – Potencial hidrogeniônico, MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M 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 - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} correspondente a umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanentes, respectivamente DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira vertical, construída com arame liso de aço galvanizado nº 12, disposta a 1,2 m de altura da superfície do solo do lisímetro. As plantas foram tutoradas com barbante de nylon, e quando ultrapassaram 10 cm acima da espaldeira foi efetuado a poda da gema apical, visando à emissão dos ramos secundários, os quais foram conduzidos em direções opostas até atingirem o comprimento de 1,50 m cada. Após os ramos secundários atingirem o comprimento pré-estabelecido, foi efetuada a poda da gema apical, para emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até que alcançassem 30 cm de distância da superfície do solo da área experimental, para evitar possíveis contaminações através do contato da planta com o solo. O espaçamento adotado foi de 3,0 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras.

O transplântio das mudas para os lisímetros foi realizado aos 60 dias após o semeio, período caracterizado pelo início da emissão de gavinhas. Durante os primeiros 30 dias após o transplântio (DAT), todas as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e a partir do 31 DAT tiveram início as irrigações com seus respectivos níveis de condutividade elétrica da água.

Na adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, foi utilizado a ureia (45% N), o superfosfato simples (20% P₂O₅) e o sulfato de potássio (51,5% K₂O), respectivamente. A adubação com nitrogênio e potássio foi realizada de maneira parcelada, mensalmente ao longo do ciclo da cultura, sendo a relação (N/K) de 1/1 na fase de floração passando para 1/2 no início da colheita e 1/3 até o final da colheita, e o fósforo foi aplicado em uma única vez em fundação, incorporado com o solo no enchimento dos lisímetros, conforme recomendação de Costa et al. (2008).

As aplicações de micronutrientes iniciaram-se aos 30 dias após o transplântio (DAT) e foram feitas quinzenalmente, utilizando-se o Dripsol[®] micro (Mg²⁺ = 1,1%; B = 0,85 %; Cu (Cu-EDTA) = 0,5%; Fe (FeEDTA) = 3,4 %; Mn (Mn-EDTA) = 3,2%; Mo = 0,05%; Zn = 4,2%; possuindo 70% de agente quelante EDTA) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar. Durante as aplicações de micronutrientes foi usado espalhante adesivo Haiten[®], na concentração de 0,15 mL L⁻¹.

A água da irrigação foi proveniente de poço artesiano situado na área experimental, cuja composição química encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas da água de menor salinidade utilizada no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	CE	pH	RAS
(mmol _C L ⁻¹)								dS m ⁻¹		(mmol L ⁻¹) ^{0,5}
0,17	0,61	1,41	0,29	0,18	0,81	0,00	1,26	0,22	7,10	2,26

CE - Condutividade elétrica. RAS - relação de adsorção de sódio

Para a obtenção dos níveis de condutividade elétrica estabelecidos na pesquisa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) foi adicionado a água de poço, cloreto de sódio (NaCl) ajustando as condutividades elétricas desejadas, sendo considerada a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Eq. 1:

$$C \approx 640 \times CEa \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

C = Concentração de sais a ser aplicado (mg L⁻¹);

CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, onde cada planta continha dois gotejadores autocompensantes com vazão de 10L h⁻¹. As irrigações foram realizadas diariamente, a partir das 7:00 horas, aplicando-se, em cada recipiente, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, cujo volume de água a ser aplicado nas plantas foi determinado pela Eq. 2:

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

Em que:

VI = Volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (L);

Va = Volume aplicado no evento de irrigação anterior (L);

Vd = Volume de drenado (L);

FL = fração de lixiviação de 0,15, aplicada a cada 15 dias com o objetivo de evitar o acúmulo excessivo de sais na zona radicular.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capinas manuais, nas entrelinhas dos lisímetros de drenagem e ao redor do colo da planta. O controle de pragas e doenças foi realizado de maneira preventiva com produtos Ridomil Gold[®], fungicida composto por Metalaxil-M (40 g kg⁻¹) e Mancozebe (640 g kg⁻¹), na dosagem de 2,5 g L⁻¹, e os inseticidas; Cyprtrin 250 CE[®] (Cipermetrina (250 g L⁻¹)) na dosagem de 1 mL L⁻¹, e o Connect[®] (Beta-ciflutrina (12,5 g L⁻¹) e Imidacloprido (100 g L⁻¹)) com dosagem equivalente a 750 mL ha⁻¹ do produto comercial.

A partir do início da abertura das flores, foi realizado diariamente no período das

13:00 às 17:00 h a polinização artificial de forma manual, tocando-se a ponta dos dedos nas anteras até que eles ficassem cobertos de pólen e logo depois tocando-se levemente nos estigmas de outra flor de uma outra planta, de acordo com procedimentos recomendados por Faleiro e Junqueira (2016).

Os efeitos dos distintos tratamentos foram avaliados aos 160 dias após o transplântio (período compreendido pela retirada do experimento de campo), através dos componentes de produção e da qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro-azedo. Foi mensurado o número de frutos por planta (NFP), através da contagem direta; e a massa fresca de frutos (MFF), fazendo-se uso de balança analógica. Também foram avaliadas as características físicas dos frutos: diâmetro equatorial (DE) e polar (DP) realizadas com auxílio de um paquímetro digital; a massa da polpa (MP) através da balança analógica; o volume de polpa (VP), com uso de proveta graduada, além do rendimento em polpa (RP) pelo quociente da massa da polpa pela massa fresca de frutos. Foram considerados como estágio ideal de maturação os frutos que se desprendiam espontaneamente da planta (Costa et al., 2008).

Após a colheita, realizou-se de forma manual a extração da polpa, e imediatamente, foram armazenadas em freezer a -10 °C, utilizando-se como recipientes potes de vidro hermeticamente fechados. Os parâmetros de qualidade pós-colheita foram determinados através o potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), teores de ácido ascórbico (AA), acidez titulável (AT), açúcares totais (A) e relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) da polpa de maracujazeiro-azedo.

Os teores de sólidos solúveis, foram determinados por um refratômetro digital portátil, marca Atago, modelo PAL⁻¹. A acidez titulável foi quantificada através da titulometria com NaOH 0,1N, segundo Brasil (2005). A relação: sólidos solúveis/acidez titulável foi obtida pela razão entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável. O potencial hidrogeniônico, foi determinado através de leitura direta, em peagâmetro modelo pH-1900, calibrado a cada uso com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, conforme metodologia proposta pelo AOAC (2005). Os açúcares totais foram determinados pelo método de antrona segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Os teores de ácido ascórbico foram determinados por titulometria com solução de DFI (2,6 dicloro-fenolindofenol), segundo metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967).

A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise de componentes principais (ACP), sintetizando a quantidade de informações relevantes contidas no conjunto de dados originais em um menor número de dimensões. Isso resultou

de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, que explicaram um percentual superior a 10% da variância total (Govaerts et al., 2007).

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente passaram por análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling et al. (1947) a 0,05 de probabilidade para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de adubação potássica, assim como para interação entre eles. Apenas variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,65 foram mantidas em cada componente principal (CP) (Hair et al., 2009). Para as análises estatísticas utilizou-se o software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e verificada a normalidade, aplicou-se a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e quando significativo, realizou-se a análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator condutividade elétrica da água de irrigação e doses de adubação potássica, utilizando-se do software estatístico SISVAR - ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores iguais ou maiores que um ($\lambda \geq 1.0$), conforme destacado por Kaiser (1960). Os autovalores e porcentagem de variância explicada para cada componente (Tabela 3) representaram juntos 64,75% da variação total. O CP1 explicou 40,45% da variância total, representada pela maioria das variáveis e o CP2 24,30% da variância restante.

Observa-se efeito significativo ($p \leq 0.01$) da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água (CEa) e doses de potássio (DK) para o CP1 e CP2 (Tabela 3). Quando analisados de maneira isolada, observa-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação em ambos os componentes principais e para as doses de potássio no CP1. No CP2, as doses de potássio (DK) influenciaram de forma significativa ($p \leq 0,05$).

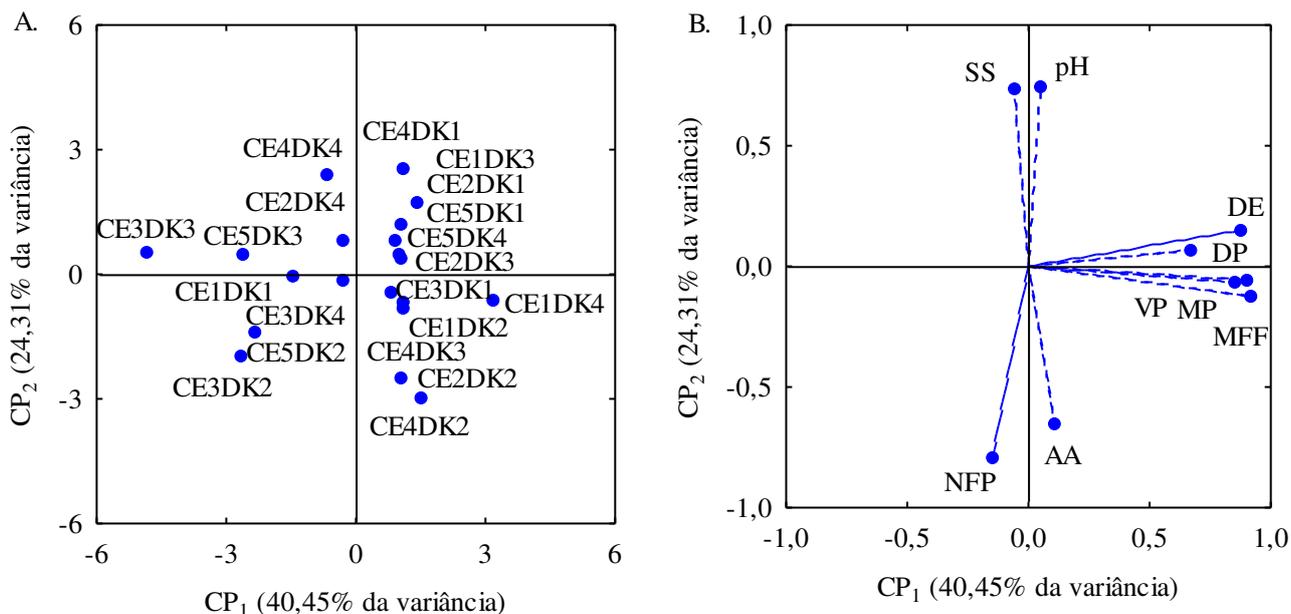
Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada na análise de variância multivariada (MANOVA), probabilidade de significância pelo teste de Hotelling ($p \leq 0,05$) para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), doses de potássio (DK) e interação CEa \times DK, e os coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.

	Componentes Principais (CPs)								
	CP1			CP2					
Autovalores (λ)	3,64			2,18					
Porcentagem de variância total ($S^2\%$)	40,45			24,30					
Teste de Hotelling (T^2) para condutividade elétrica da água (CEa)	0,01			0,01					
Teste de Hotelling (T^2) para doses de potássio (DK)	0,01			0,05					
Teste de Hotelling (T^2) para interação (CEa \times DK)	0,01			0,01					
CPs	Coeficiente de correlação								
	NFP	DP	DE	MFF	MP	VP	pH	SS	AA
CP1	-0,15	0,66	0,87	0,91	0,85	0,89	0,05	-0,05	0,11
CP2	-0,79	0,06	0,15	-0,12	-0,06	-0,05	0,74	0,73	-0,65
TRAT	Valores médios								
	NFP	DP	DE	MFF	MP	VP	pH	SS	AA
CE1DK1	13,33	82,56	76,09	157,64	78,39	79,16	2,28	12,93	6,98
	$\pm 3,18$	$\pm 2,26$	$\pm 2,35$	$\pm 16,16$	$\pm 6,41$	$\pm 6,37$	$\pm 0,00$	$\pm 0,03$	$\pm 0,17$
CE1DK2	16,67	85,84	81,81	204,71	97,81	102,72	2,36	11,20	6,29
	$\pm 1,67$	$\pm 1,58$	$\pm 3,37$	$\pm 2,35$	$\pm 7,25$	$\pm 2,82$	$\pm 0,02$	$\pm 0,10$	$\pm 0,17$
CE1DK3	12,00	99,72	86,25	213,56	80,59	80,94	2,49	13,40	5,60
	$\pm 1,73$	$\pm 3,74$	$\pm 2,15$	$\pm 3,80$	$\pm 3,03$	$\pm 1,70$	$\pm 0,01$	$\pm 0,10$	$\pm 0,11$
CE1DK4	19,67	91,96	83,12	262,98	110,87	114,88	2,29	13,03	12,16
	$\pm 5,24$	$\pm 7,34$	$\pm 5,29$	$\pm 16,40$	$\pm 10,80$	$\pm 10,75$	$\pm 0,00$	$\pm 0,13$	$\pm 0,38$
CE2DK1	9,67	89,78	84,77	206,71	82,28	94,04	2,39	12,30	4,49
	$\pm 0,88$	$\pm 2,99$	$\pm 3,05$	$\pm 11,47$	$\pm 0,94$	$\pm 6,04$	$\pm 0,01$	$\pm 0,06$	$\pm 0,26$

CE2DK2	17,33 ±0,33	91,17 ±3,15	82,86 ±3,34	205,24 ±20,53	90,01 ±3,90	89,00 ±4,91	2,30 ±0,00	10,03 ±0,09	18,16 ±0,55
CE2DK3	11,67 ±2,67	97,09 ±3,52	84,65 ±3,17	201,07 ±5,96	82,41 ±2,29	82,70 ±0,92	2,33 ±0,07	11,73 ±0,03	5,64 ±0,42
CE2DK4	9,00 ±1,53	88,86 ±2,21	78,01 ±0,55	175,17 ±7,52	83,55 ±2,00	81,50 ±3,75	2,40 ±0,01	11,13 ±0,20	5,65 ±0,30
CE3DK1	15,33 ±0,33	88,28 ±2,91	83,39 ±3,07	229,82 ±7,09	84,60 ±3,50	86,67 ±4,14	2,21 ±0,01	13,57 ±0,03	5,85 ±0,14
CE3DK2	13,00 ±0,58	85,16 ±7,21	75,98 ±5,74	163,90 ±4,05	53,46 ±0,21	58,75 ±0,72	2,23 ±0,03	8,63 ±0,03	4,16 ±0,10
CE3DK3	15,33 ±0,88	74,95 ±6,17	67,33 ±3,83	108,57 ±5,42	52,59 ±4,53	52,75 ±4,76	2,38 ±0,01	14,03 ±0,03	7,43 ±0,14
CE3DK4	11,67 ±0,33	83,48 ±3,05	79,13 ±3,88	180,75 ±9,75	99,11 ±7,62	74,64 ±7,43	2,29 ±0,00	12,27 ±0,03	8,43 ±0,37
CE4DK1	4,67 ±0,33	84,53 ±1,62	82,52 ±3,22	198,81 ±18,28	98,63 ±5,73	99,08 ±6,60	2,40 ±0,00	14,90 ±0,00	6,22 ±0,04
CE4DK2	15,67 ±0,67	87,61 ±2,22	80,84 ±5,66	206,46 ±21,21	103,41 ±3,50	103,78 ±3,92	2,28 ±0,00	9,47 ±0,42	18,27 ±0,40
CE4DK3	14,00 ±5,65	82,15 ±2,92	76,70 ±2,71	219,27 ±12,65	109,54 ±6,62	108,50 ±6,06	2,28 ±0,04	11,37 ±0,07	5,77 ±0,18
CE4DK4	6,33 ±0,88	86,06 ±1,90	78,17 ±2,25	157,53 ±13,51	80,54 ±3,38	82,63 ±3,68	2,57 ±0,03	12,33 ±0,12	6,78 ±0,37
CE5DK1	12,00 ±1,15	83,92 ±1,08	85,97 ±5,77	177,81 ±18,56	98,26 ±15,61	95,50 ±9,88	2,46 ±0,00	11,27 ±0,09	5,48 ±0,25
CE5DK2	11,33 ±0,88	80,04 ±0,74	72,16 ±0,26	148,51 ±0,37	70,45 ±4,51	70,46 ±5,03	2,30 ±0,10	10,73 ±0,03	17,31 ±0,46
CE5DK3	13,00 ±1,73	80,40 ±2,90	71,71 ±1,44	157,39 ±14,94	67,37 ±1,86	67,08 ±2,01	2,37 ±0,01	12,53 ±0,12	5,26 ±0,14
CE5DK4	13,67 ±2,73	82,29 ±4,43	82,66 ±3,62	227,34 ±17,52	92,47 ±18,51	96,25 ±17,18	2,49 ±0,01	11,33 ±0,03	5,81 ±0,00

CE - Condutividade elétrica da água, CE1 (0,3 dS m⁻¹); CE2 (1,1 dS m⁻¹); CE3 (1,9 dS m⁻¹); CE4 (2,7 dS m⁻¹); CE5 (3,5 dS m⁻¹); DK - doses de potássio, DK1 - 60% da recomendação de K₂O; DK2 - 80% da recomendação de K₂O; DK3 - 100% da recomendação de K₂O; DK4 - 120% da recomendação de K₂O; ± - desvio padrão da amostra; NF - número de frutos por planta, DP - diâmetro polar (mm); DE - diâmetro equatorial (mm); MFF - massa fresca de fruto (g por planta); MP - massa de polpa (g); VP - volume de polpa (mL); pH - potencial hidrogeniônico; SS - sólidos solúveis; AA - ácido ascórbico (mg 100g⁻¹ de polpa).

Os efeitos dos tratamentos e as variáveis estão expressos nas Figuras 2A e 2B referente ao primeiro e segundo componente principal (CP1 e CP2). No primeiro componente principal (CP1) denota-se possível interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de potássio (CEa × DK). Constata-se que os coeficientes de correlação foram superiores a 0,66 para o diâmetro polar e equatorial, massa fresca de frutos, massa de polpa e o volume de polpa.



CE - Condutividade elétrica da água, CE1 (0,3 dS m⁻¹); CE2 (1,1 dS m⁻¹); CE3 (1,9 dS m⁻¹); CE4 (2,7 dS m⁻¹); CE5 (3,5 dS m⁻¹); DK – doses de adubação potássica, DK1 (60% da recomendação de K₂O); DK2 (80% da recomendação de K₂O); DK3 (100% da recomendação de K₂O); DK4 (120% da recomendação de K₂O); NF – número de frutos por planta, DP – diâmetro polar; DE – diâmetro equatorial; MFF – massa fresca de fruto; MP – massa de polpa; VP – volume de polpa; pH – potencial hidrogeniônico; SS – sólidos solúveis ; AA – ácido ascórbico

Figura 2. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores níveis condutividade elétrica da água – CEa e genótipos de maracujazeiro-azedo (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).

Os maiores diâmetros, polar e equatorial, foram observados nos tratamentos correspondentes a dose de adubação potássica equivalente a 100% da recomendação de Costa et al. (2008) e condutividade elétrica da água de irrigação de 0,3 dS m⁻¹ (CE1DK3), cujos valores foram de 99,72 e 86,25 mm, respectivamente (Tabela 3). Já o menor valor para ambos os diâmetros também foi obtido quando as plantas receberam adubação potássica equivalente a 100% da recomendação de K₂O e CEa de 1,9 dS m⁻¹ (CE3DK3). Nota-se redução de 24,84% (24,77 mm) no diâmetro polar e 21,93% (18,92 mm) no equatorial quando comparado ao tratamento CE1DK3 em relação ao CE3DK3.

Assim, infere-se que, a estratégia de aumentar a dose de K₂O não atenuou os efeitos deletérios do estresse salino sob os parâmetros físicos dos frutos de maracujazeiro-azedo. O excesso de sais presentes na solução do solo prejudica severamente o processo de absorção de água e nutrientes pelas plantas, podendo afetar negativamente desde o crescimento até a produção e qualidade das culturas (Chen et al., 2023). Ramos et al. (2022), estudando a produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas (0,6 a 3,0 dS m⁻¹) e aplicação exógena de H₂O₂ (0; 15; 30 e 45 µM),

também constataram reduções nos diâmetros equatoriais e polares dos frutos em função do aumento da condutividade elétrica da água.

Os resultados mais elevados para a massa fresca de fruto (MFF), massa de polpa (MP) e o volume de polpa (VP) foram obtidas quando as plantas foram adubadas com a dose equivalente a 120% da recomendação de K_2O e irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (CE1DK4) de 262,98 e 110,87 e 114,88 g, respectivamente. Já os menores valores foram obtidos quando as plantas receberam irrigação com água de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ sob adubação potássica com 100% da recomendação (CE3DK3) de 108,57; 52,59 e 52,75 g, respectivamente. Nota-se reduções de 58,71% (154,41 g por planta) na massa fresca de frutos, 52,56% (58,28 g) na massa de polpa e 54,08% (62,43 g) no volume de polpa das plantas cultivadas sob tratamento CE3DK3 em relação as cultivadas com CE1DK4 (Tabela 3). Constata-se que, houve aumento na massa fresca de frutos, a massa e o volume de polpa com o incremento da adubação potássica quando cultivado com água de baixa condutividade elétrica ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), não sendo observado efeito atenuante do potássio quando as plantas foram cultivadas sob os maiores níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Isto pode estar relacionado ao índice salino do fertilizante utilizado no experimento (sulfato de potássio), que é de 46%, considerado alto para um fertilizante, que além de intensificar os efeitos da salinidade pode ter comprometido a absorção de cálcio e magnésio pelas plantas (Sousa et al., 2014).

A massa fresca do fruto é o resultado da entrada e saída de água e produtos fotossintéticos e reflete a mudança no acúmulo líquido de água no fruto (Li et al., 2021). As reduções da MFF, MP e VP, possivelmente, estão relacionadas aos efeitos da salinidade, ocasionados pela restrição da absorção de água e nutrientes pelas raízes, resultando em perdas nos parâmetros de produção das plantas sob estresse (Zhang et al., 2019). Ramos et al. (2022), também observaram redução na massa fresca de frutos de maracujazeiro-azedo 'BRS Rubi do Cerrado' em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação ($0,6$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$) no primeiro ciclo de cultivo em condições de ambiente protegido.

Ao verificar os resultados do componente principal 2, nota-se que os autovalores foram superiores a 0,65 para as variáveis número de frutos por planta, pH, sólidos solúveis e ácido ascórbico (Tabela 3). O maior número de frutos por planta (NFP) foi obtido pelas plantas que receberam água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e adubação com dose de 120% da recomendação de K_2O (19,67 frutos por planta), sendo superior em 321,2% (15 frutos por planta) ao produzido pelas plantas cultivadas sob CEa de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ (4,67 frutos por

planta) e adubação com 60% de K_2O (CE4DK1). Assim como para a massa fresca, o maior número de frutos foi obtido quando as plantas foram irrigadas com água de menor CE associada a maior dose de potássio (120% da recomendação de K_2O).

Sob condições de estresse salino, inúmeros processos fisiológicos como, fotossíntese, o metabolismo lipídico e hormonal, além da atividade enzimática e a síntese de proteínas são afetados negativamente (Li et al., 2012), devido ao estresse osmótico e a toxicidade dos íons desencadearem sucessivas reações de estresse oxidativo, com distintas espécies reativas de oxigênio (ERO's), ocasionando peroxidação lipídica de membranas e proteínas, e em casos mais severos, morte celular (Qureshi et al., 2013; Julkowska e Testerink, 2015). Paiva et al. (2021), avaliaram a produção do maracujazeiro-azedo irrigado com água salina (0,3 a 3,5 $dS\ m^{-1}$) constituídas por distintas naturezas catiônicas, obtiveram o maior número de frutos equivalente a 11,33 frutos, quando utilizada água de baixa condutividade elétrica (0,3 $dS\ m^{-1}$). Além disso, também constataram que o aumento da CEa de irrigação afetou negativamente o NF das plantas de maracujazeiro-azedo 'BRS Rubi do Cerrado' independente da composição catiônica.

Quanto ao pH, observa-se que o maior valor (2,57) foi obtido nos frutos das plantas cultivadas sob condutividade elétrica de 2,7 $dS\ m^{-1}$ e dose de potássio de 120% da recomendação (CE4DK4). Já o menor valor (2,21) foi obtido nos frutos que as plantas receberam água com CE de 1,9 $dS\ m^{-1}$ e adubação com 60% da recomendação de K_2O (CE3DK1), isso representa uma redução de 14% (0,36) no pH quando comparado ao tratamento que alcançou o maior valor (CE4DK4) (Tabela 3). Esses valores estão abaixo do observado por Nascimento et al. (2015), que obtiveram média de pH igual a 3,00 em polpa de frutos do maracujazeiro-azedo acesso Guinezinho cultivado com biofertilizante e água salina (4,45 $dS\ m^{-1}$).

O maior teor de sólidos solúveis (SS) foi observado nos frutos das plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 2,7 $dS\ m^{-1}$ e adubação potássica com 60% da recomendação de Costa et al. (2008) sendo de 14,90 °Brix (Tabela 3). Já o menor valor atingido foi de 8,63 °Brix, quando combinado a irrigação com água de 1,9 $dS\ m^{-1}$, associado a adubação potássica correspondente a 80% de K_2O (CE3DK2). Nesse sentido, é importante destacar que apenas os tratamentos compostos pelos níveis de CEa de irrigação de 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 $dS\ m^{-1}$, associados a adubação com 80% da recomendação de K_2O , não tiveram o valor mínimo para comercialização exigido pelo regulamento técnico para a fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) do Ministério da Agricultura, que é de 11 °Brix (BRASIL, 2018), indicando que, com exceção dos

tratamentos mencionados anteriormente, os frutos obtidos nesta pesquisa dispõem de qualidade adequada para a comercialização.

Para os teores de ácido ascórbico (AA), o menor valor (4,16 mg 100g⁻¹ de polpa) também foi obtido sob irrigação com água de 1,9 dS m⁻¹ e adubação potássica com 80% da recomendação de K₂O (CE3DK2), assim como o pH da polpa (Tabela 3). Já o maior valor (18,27 mg 100g⁻¹ de polpa), foi alcançado nas plantas irrigadas com água de 2,7 dS m⁻¹ e adubação com doses de potássio de 80% da recomendação (CE4DK2). Os resultados obtidos para ácido ascórbico seguiram a mesma tendência constatada para os teores de sólidos solúveis (Tabela 3), uma vez que, a síntese de ácido ascórbico (vitamina C) está associada aos teores de açúcares presentes na polpa dos frutos, pois os frutos sintetizam o ácido ascórbico a partir de açúcares hexoses, originalmente D-glicose ou D-galactose (Raimundo et al., 2009; Dias et al., 2011). Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × DK) para todas as variáveis analisadas na polpa de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’, aos 160 dias após o transplântio (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância referente a acidez titulável (AT), açúcares totais (A), rendimento de polpa (RP) e relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de polpa de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ cultivado sob salinidade da água de irrigação – CEa e adubação potássica - DK, aos 160 dias após o transplântio.

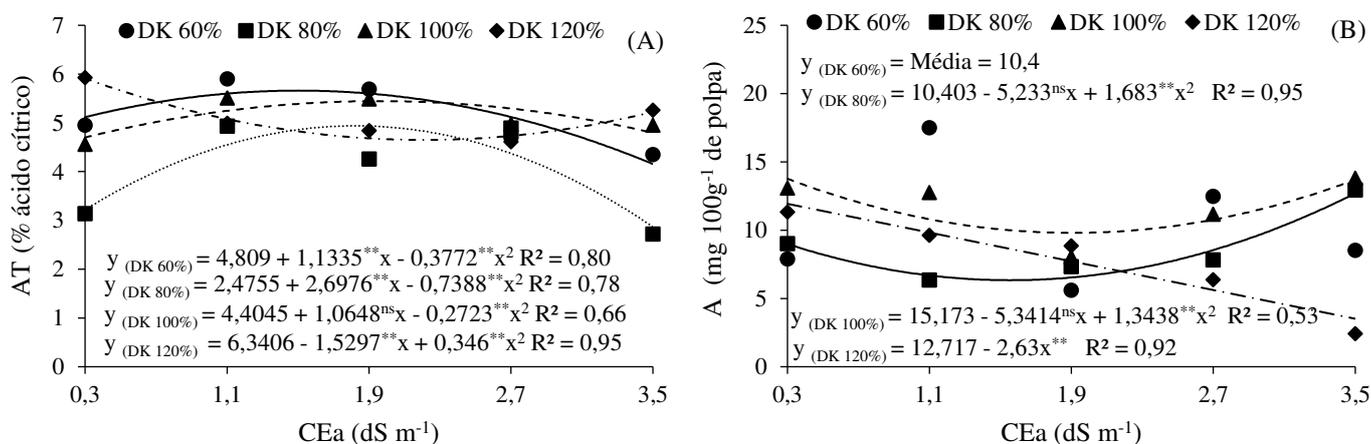
Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		AT	A	SS/AT	RP
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	101,61**	49,62**	0,002**	120,48*
Regressão Linear	1	272,55**	12,86**	0,004**	190,61*
Regressão Quadrática	1	50,23**	0,03 ^{ns}	0,004**	4,28 ^{ns}
Doses de potássio (DK)	3	476,55**	48,40**	0,002**	34,79 ^{ns}
Regressão Linear	1	97,11**	18,24**	0,006**	3,04 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	506,63**	20,61**	0,001**	99,61 ^{ns}
Interação (CEa × DK)	12	154,78**	29,05**	0,01**	142,31**
Bloco	2	1,02	0,13	0,00	25,42
Resíduo	38	1,42	0,10	0,00	45,52
CV (%)		2,47	3,30	3,55	14,75

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

Para acidez titulável (AT) do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ (Figura 3A), os valores máximos estimados de 5,66; 4,94; 5,45 e 5,91% foram obtidos nas plantas que receberam adubação com doses de 60, 80, 100 e 120% da recomendação de K₂O e

irrigação com CEa de 1,5; 1,8; 1,9 e 0,3 dS m⁻¹, respectivamente. Segundo Matsura e Folegatti (2002), a faixa adequada de acidez para o consumo de maracujá na forma *in natura* ou de polpa é de 2,5 a 4,6%. Assim, os valores máximos encontrados neste trabalho estão acima do estabelecido pela faixa ótima de consumo da polpa de maracujazeiro-azedo. De acordo com Rocha et al. (2001), para o setor industrial, a elevada acidez titulável reduz a necessidade de adição de acidificantes e proporciona melhores condições nutricionais e qualidade organoléptica dos produtos.

Pinheiro et al. (2023), avaliaram a qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-azedo cultivado sob estratégias de manejo de águas salobras irrigação (SE - irrigação com água de 1,3 dS m⁻¹ durante todo ciclo; irrigação com água de 4,0 dS m⁻¹ na fase vegetativa - VE; floração - FL; frutificação - FR; nas fases sucessivas vegetativa/floração - VE/FL; vegetativa/frutificação - VE/FR) e duas doses de potássio (60 e 100% da recomendação), constataram aumento da acidez titulável da polpa dos frutos de plantas adubadas com 60% de K submetidas a água com alta salinidade nos estádios VE/FL.



^{ns}, ^{**} e ^{*} representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). DK 60% - 60% da recomendação de K₂O; DK 80% - 80% da recomendação de K₂O; DK 100% - 100% da recomendação de K₂O; DK 120% - 120% da recomendação de K₂O.

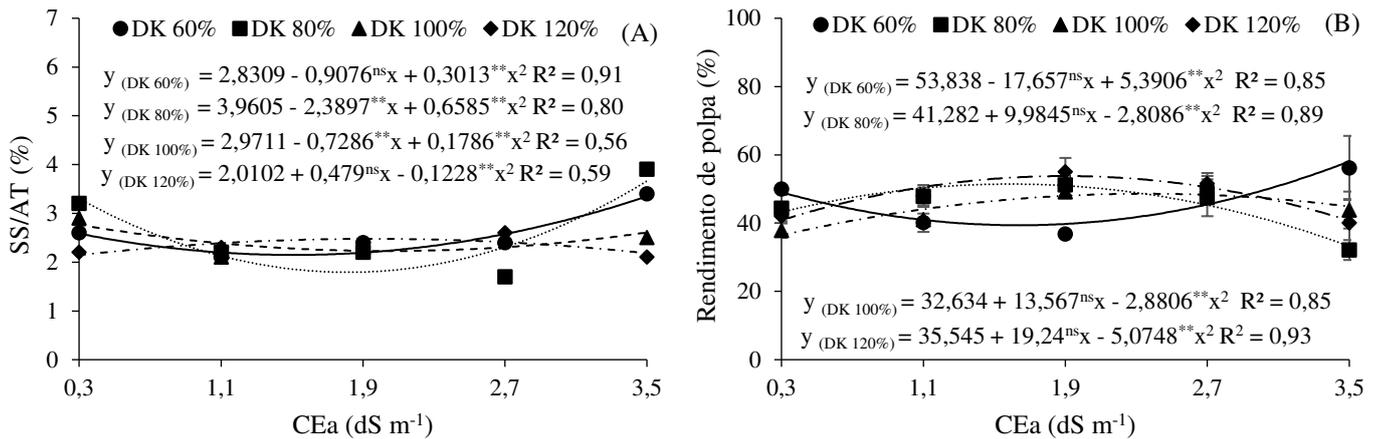
Figura 3. Acidez titulável – AT (A) e açúcares totais – A (B), de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplantio.

Para os teores de açúcares totais (A) (Figura 3B), as plantas submetidas a adubação com doses de potássio de 80 e 100% da recomendação de K₂O, tiveram os maiores valores estimados de 12,70 e 13,69 mg 100g⁻¹ de polpa, sob CEa de 3,5 e 0,3 dS m⁻¹, respectivamente. Já as plantas adubadas com 120% da recomendação de K₂O,

reduziram de forma linear os teores de açúcares totais, com decréscimos de 70,56% (2,63 mg 100g⁻¹ de polpa) entre os níveis menor e maior de CEa. Os dados referentes a adubação de 60% da recomendação de K₂O, não obtiveram ajustes satisfatórios para os modelos de regressão estudados, sendo o valor médio de 10,14 mg 100g⁻¹ de polpa.

O resultado obtido neste trabalho para a dose de 80% de K₂O estão de acordo com o encontrado por Pinheiro et al. (2023) que, estudando os efeitos da adubação potássica (60 e 100% da recomendação de K) no cultivo de maracujá-azedo sob estratégias de irrigação com água salina, constataram que, plantas adubadas com 60% de K e irrigadas com água de 4,0 dS m⁻¹ na fase de frutificação, tiveram os maiores valores de açúcares totais em frutos de maracujazeiro-azedo. Por outro lado, a redução nos teores de açúcares totais com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação ao se utilizar 100 e 120% da recomendação de K₂O, provavelmente, está relacionada aos efeitos benéficos do potássio, uma vez que, o mecanismo de reação ao estresse salino é influenciado pelo teor de potássio em suas células, sendo este elemento essencial na síntese de proteínas e no transporte de açúcares no floema das plantas (Wang et al., 2015).

Para a relação SS/AT (Figura 4A), os maiores valores estimados de 3,34 e 3,66% foram das plantas que receberam adubação com 60 e 80% da recomendação de K₂O e irrigação com água de 3,5 dS m⁻¹. Quando adubadas com 100 e 120% da recomendação de K₂O, os maiores valores estimados (2,77 e 2,48%, respectivamente) foram obtidos quando os frutos foram produzidos sob os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação de 0,3 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente. A relação SS/AT é um parâmetro que define o caráter doce-ácido e é considerada uma das formas mais rápidas para se avaliar o sabor dos frutos (Pinheiro et al. 2006). A redução da relação SS/AT ocorre em função da redução dos teores de sólidos solúveis e aumento da acidez titulável, em função dos efeitos dos ácidos orgânicos (Costa et al., 2001; Andrade e Andrade, 2004) podendo ser fortemente influenciado por diversos aspectos, como, por exemplo, as condições de cultivo da cultura e o estágio de maturação dos frutos (Silva et al., 2008).



^{ns}, ^{**} e ^{*} representam respectivamente, não significativo, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F. As linhas verticais representam o erro padrão da média ($n = 3$). DK 60% - 60% da recomendação de K₂O; DK 80% - 80% da recomendação de K₂O; DK 100% - 100% da recomendação de K₂O; DK 120 - 120% da recomendação de K₂O.

Figura 4. Relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável - SS/AT (A) e rendimento de polpa (B) de frutos de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 160 dias após o transplante.

Para o rendimento de polpa (Figura 4B), as plantas com adubações de 60, 80, 100 e 120% da recomendação de K₂O, alcançaram os valores máximos estimados de 58,07; 50,15; 48,60 e 53,78% sob CEa de 3,5; 1,8; 2,4 e 1,9 dS m⁻¹, respectivamente. O rendimento de polpa dessa pesquisa, possivelmente, está relacionado ao fato de que, sob condições de estresse salino, com finalidade de garantir a propagação da espécie, a planta direcionou suas energias à formação de sementes, e conseqüentemente, o maior acúmulo de arilo, substância encontrada envolta as sementes no fruto do maracujazeiro, que é a parte de maior importância econômica para a espécie.

Ramos et al. (2022), avaliando a produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas (0,6 a 3,0 dS m⁻¹) e aplicação exógena de H₂O₂ (0; 15; 30 e 45 µM) observaram aumento no RP dos frutos com o incremento da CEa de irrigação quando utilizadas as concentrações de 0, 15 e 45 µM de H₂O₂, sendo o maior valor (70,54%) alcançado pelas plantas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ associadas a ausência de aplicação de peróxido de hidrogênio.

4. CONCLUSÕES

Água com condutividade elétrica de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ associada a aplicação de 60 e 80% da recomendação de potássio, aumenta os teores de sólidos solúveis e o de ácido ascórbico nos frutos de maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado'.

A irrigação com água de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e adubação com 60% da recomendação de potássio promove incremento no rendimento de polpa de maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado', aos 160 dias após o transplantio.

Os teores de açúcares totais dos frutos de maracujazeiro-azedo aumentam quando utilizado 80 e 100% da recomendação de potássio e irrigação com água de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Dose de potássio com 120% da recomendação de K_2O não atenua os efeitos deletérios do estresse salino sob os componentes de produção do maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado', aos 160 dias após o transplantio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, M.; Ahmed, M. A.; Cai, G.; Zarebanadkavaki, M.; Carminati, A. Coupled effects of soil drying and salinity on soil-plant hydraulics. *Plant Physiology*, v.190, n.2, p. 1228-1241, 2022.
- Abdelraouf, E. A. A.; Nassar, I. N.; Shoman, A. M. Impacts of successive accumulation of salinity, drought and potassium on maize (*Zea Mays* L.) germination and growth. *Assiut Journal of Agriculture Science*, v.53, n.2, p.101-117, 2022.
- Andrade, J. M. B.; Andrade, A. B. Características físico-químicas do maracujá amarelo produzido em diferentes épocas em Marumbi-PR. *Meio Ambiente*, p.391-397, 2004.
- Asaduzzaman, M. D.; Asao, T. Potassium – improvement of quality in fruits and vegetables through hydroponic nutrient management. London, UK: IntechOpen. 2018.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the AOAC. 18 th ed. Gaithersburg, M.D, USA. 2005.
- Azzam, C. R.; Zaki, S. S.; Bamagoos, A. A., Rady, M.M., Alharby, H.F. Soaking maize seeds in zeatin-type cytokinin biostimulators improves salt tolerance by enhancing the antioxidant system and photosynthetic efficiency. *Plants*, v.11, n.8, p.1-19, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de maracujá. Brasília, DF: MAPA, 2018. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=368178>>. Acesso em: 25 set de 2023.
- BRASIL. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.
- Chen, Z.; Guo, Z.; Xu, N.; Cao, X.; Niu, J. Graphene nanoparticles improve alfalfa (*Medicago sativa* L.) growth through multiple metabolic pathways under salinity-stressed environment. *Journal of Plant Physiology*, v.89, 2023.
- Coelho, M. A.; Soncin, N. B. Geografia do Brasil. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- Costa, A. F. S.; Costa, A. N.; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro. Vitória, ES: Incaper (Incaper. Documentos, 162). 2008. 56p.
- Costa, C. A. R.; Machado, G. G. L.; Rodrigues, L. J.; Barros, H. E. A.; Nararelli, C. V. L.; Vilas Boas, E. V. B. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of

- purple passion fruit's pulp, peel and seed at different maturation stages. *Scientia Horticulture*, v.321, p.1-8, 2023.
- Costa, J. R. M.; Lima, C. A. A.; Lima, E. D. P. A.; Cavalcante, L. F.; Oliveira, F. K. D. Caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigados com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, p.143-146, 2001.
- Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Freira, J. L. O.; Nascimento, J. M.; Beckmann-Cavalcante, M. Z.; Santos, G. O. dos. Qualidade química de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.3, p.229-236, 2011.
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. ed. Embrapa Cerrados, 2016. 341 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- 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 Soil*, v.291, p.39-54, 2007.
- Guimarães, S. F.; Lima, I. M.; Modolo, L. V. Phenolic content and antioxidant activity of parts of *Passiflora edulis* as a function of plant developmental stage. *Acta Botânica Brasilica*, v.34, n.1, p.74-82, 2020.
- Hair, F. J.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman. 2009. 688p.
- Hotelling, H.; Eisenhart, C.; Hastay, M. W.; Wallis, W. A. Multivariate quality control. *Techniques of statistical analysis*. New York: John Wiley & Sons. 1947. 73p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção agrícola municipal 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 18 de out. 2023.
- Julkowska, M. M.; Testerink, C. Tuning plant signaling and growth to survive salt. *Trends in Plant Science*, v.20, n.9, p.586-594, 2015.
- Kaiser, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*, v. 20, n.1, p.141-151. 1960.

- Li, B.; Wim, V.; Shukla, M. K.; Du, T. Drip irrigation provides a trade-off between yield and nutritional quality of tomato in the solar greenhouse. *Agricultural Water Management*, v. 249, p.1-11, 2021.
- Li, C.; Wang, P.; Wei, Z.; Liang, D.; Liu, C.; Yin, L.; Jia, D.; Fu, M.; Ma, F. The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*. *Journal of Pineal Research*, v.53, n.3, p.298-306, 2012.
- Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Paiva, F. J. da S.; Soares, L. A. dos A.; Torres, R. A. F.; Silva, S. T. A.; Gheyi, H. R.; Lopes, K. P. Tolerance of sour passion fruit cultivars to salt stress in a semi-arid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n.10, p.785-794, 2023.
- Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, V. K. N. de. Dano celular e pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo em função da natureza catiônica da água. *Irriga*, v.25, n.4, p.663-669, 2020.
- Matsura, F. C. A. U.; Folegatti, M. I. S. Maracujá: pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 51 p. (Frutas do Brasil, 23).
- Melo, N. J. D. A.; Negreiros, A. M. P; Sarmiento, J. D. A.; de Moraes, P. L. D.; Rui Júnior, S. Physical-chemical characterization of yellow passion fruit produced in different cultivation systems. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.32, n.12, p.897-908, 2020.
- Meurer, J. M.; Tiecher, T.; Mattiello, L. Potássio. In: Fernandes, M. S.; Souza, S. R.; Santos, L. A. (eds.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: SBCS, 2018. p.429-464.
- Mohamed, I. A. A.; Shalby, N.; El-Badri, A. M. A.; Saleem, M. H.; Khan, M. N.; Nawaz, M. A.; Qin, M.; Agami, R. A.; Kuai, J.; Wang, B. Stomata and xylem vessels traits improved by melatonin application contribute to enhancing salt tolerance and fatty acid composition of *Brassica napus* L. plants. *Agronomy*, v.10, n.8, p.1-23, 2020.
- Nascimento, J. A. M.; Cavalcante, L. F.; Dantas, S. A. G.; Medeiros, S. A. S.; Dias, T. J. Biofertilizante e adubação mineral na qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo irrigado com água salina. *Irriga*, v.20, n.2, p.220-232, 2015.
- Paiva, F. J. da S.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Nunes, K. G.; Fernandes, P. D. Gas exchange and production of passion fruit as affected by cationic nature of irrigation water. *Revista Caatinga*, v.34, n.4, p.926-936, 2021.
- Pinheiro, A. M.; Fernandes, A. G.; Fai, A. E. C.; Prado, G. M. do; Sousa, P. H. M. de; Maia, G. A. Avaliação química, físicoquímica e microbiológica de sucos de frutas

- integrals: Abacaxi, caju e maracujá. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, n.1, p.98-103, 2006.
- Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Sousa, P. F. N. de; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Felix, C. M.; Paiva, F. J. da S. Potassium fertilization in the cultivation of sour passion fruit under irrigation strategies with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n.1, p.42-50, 2023.
- Qureshi, M. I.; Abdin, M. Z.; Ahmad, J.; Iqbal, M. Effect of long-term salinity on cellular antioxidants, compatible solute and fatty acid profile of sweet annie (*Artemisia annua* L.). *Phytochemistry*, v.95, p.215-223, 2013.
- Rady, M. M.; Mossa, A. H.; Yousof, A. M. A.; Osman, A. Sh.; Ahmed, S. M. A.; Mohamed, I. A. A. Exploring the reinforcing effect of nano-potassium on the antioxidant defense system reflecting the increased yield and quality of salt-stressed squash plants. *Scientia Horticulturae*, v.308, p.1-18, 2023.
- Rahimi, E.; Nazari, F.; Javadi, T.; Samadi, S.; Silva, J. A. T. da. Potassium-enriched clinoptilolite zeolite mitigates the adverse impacts of salinity stress in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by increasing silicon absorption and improving the K/Na ratio. *Journal of Environmental Management*, v.285, p.1-11, 2021.
- Raimundo, K.; Magri, R. S.; Simionato, E. M. R. S.; Sampaio, A. C. Avaliação física e química da polpa de maracujá congelada comercializada na região de Bauru. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, n.2, p.539-543, 2009.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A. de; Lima, G. S. de; Nunes, K. G.; Pereira, M. de O.; Paiva, F. J. da S. Produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e aplicação exógena de H₂O₂. *Irriga*, v.27, n.3, p.540-556, 2022.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S, Department of Agriculture. 1954. 160 p.
- Rocha, M. C.; Silva, A. L. B.; Almeida, A.; Collard, F. H. Efeito do uso de biofertilizante Agrobio sobre as características físico-químicas na pós-colheita do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg) no município de Taubaté. *Revista Biociências*, v.7, n.2, p.7-13, 2001.
- Silva, T. V.; Resende, E. D.; Viana, A. P.; Pereira, S. M. F.; Carlos, L. A.; Vitorazi, L. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v.28, p.545-550, 2008.

- Sousa, G. G.; Viana, T. A.; Pereira, E. D.; Albuquerque, A. H. P.; Marinho, A. B.; Azevedo, B. M. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. *Bragantia*, v.73, n.1, p.39-44, 2014.
- Statsoft, I. N. C. Programa computacional Statistica 7.0. E. A. U. 2004.
- Stiller, V. Soil salinity and drought alter wood density and vulnerability to xylem cavitation of baldcypress (*Taxodium distichum* (L.) Rich.) seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, v.67, p.164-171, 2009.
- Strohecker, R.; Henning, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo. 1967.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- Tittal, M.; Mir, R. A.; Jatav, K. S.; Agarwal, R. M. Supplementation of potassium alleviates water stress-induced changes in *Sorghum bicolor* L. *Physiology Plants*, v. 172, n.2, p.1149-1161, 2021.
- Wang X. G.; Zhao, H. Z. X.; Jiang, J. C.; Li, H. C.; Cong, S.; Wu, D.; Chen, Y. Q.; Yu, H. Q.; Wang, C. Y. Effects of potassium deficiency on photosynthesis and photoprotection mechanisms in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Integrative Agriculture*, v.14, n.5, p.856-863, 2015.
- Xu, H.; Qiao, P.; Pan, J.; Qin, Z.; Li, X.; Khoo, H. E.; Dong, X. CaCl₂ treatment effectively delays postharvest senescence of passion fruit. *Food Chemistry*, v.417, p.1-10, 2023.
- Yemn, E. W.; Willis, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, v.57. n.3, p.508-514, 1954.
- Zhang, X.; You, S.; Tian, Y.; Li, J. Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, v. 249, p.38-48, 2019.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A salinidade é considerada um dos principais estresses abióticos responsáveis pela limitação da produção agrícola em todo o mundo. Em regiões de clima Semiárido, este problema é agravado pelas condições climáticas, caracterizadas pelas elevadas temperaturas, os baixos índices pluviométricos e alta taxa de evapotranspiração, na maior parte do ano.

Assim, a presente pesquisa teve como objetivo, investigar o desempenho de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e avaliar os efeitos da adubação potássica como atenuantes do estresse salino nos aspectos fisiológicos, composição mineral, produção e qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro-azedo.

A partir dos resultados, constatou-se que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação ocasionou danos diversos à cultura do maracujazeiro, sobretudo, nas variáveis fisiológicas, como síntese de pigmentos fotossintéticos, trocas gasosas, eficiência fotoquímica e dano à membrana celular; também sob os componentes de produção, pela redução da produção da cultura, em função do efeito osmótico e iônico, evidenciados pela absorção de íons de sódio e cloreto e acúmulos nos tecidos foliares e caulinares das plantas. Quanto a adubação potássica, o aumento da dose recomendada de K_2O , em até 120% não atenuou os efeitos deletérios do estresse salino sob a cultura, possivelmente, devido a fonte de potássio usada (K_2SO_4) que possui elevado índice salino (46%), podendo ter potencializado os efeitos dos sais sob as plantas.

Além dos problemas ocasionados pelo excesso de íons fornecidos via água de irrigação, outros fatores podem ter intensificado os efeitos do estresse salino nas plantas, como a ocorrência de elevadas temperaturas e baixa umidade relativa do ar durante a realização da pesquisa, ou ainda, a compactação do solo, pelo fato das plantas terem sido conduzidas em vasos adaptados para lisímetros de drenagem, o pouco espaço disponível no lisímetro pode ter limitado o desenvolvimento radicular além de ter afetado drenabilidade do excesso de sais quando aplicada a fração de lixiviação.

A hipótese formulada na presente pesquisa, de que há variação do grau de tolerância das plantas em função das variações genotípicas foi confirmada, sendo o genótipo 'BRS Sol do Cerrado', o que apresentou a menor redução relativa (baseado na produção relativa – massa fresca de frutos por planta) em função do incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Outro achado de grande importância do estudo, está relacionado a qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado', que apresentaram aumento nos teores de sólidos solúveis totais, ácido ascórbico e nos teores de açúcares totais quando utilizado as doses correspondentes a 80 e 100% da recomendação de K₂O associada a irrigação com água de 3,5 dS m⁻¹.

Em síntese, os resultados do presente estudo revelam a importância do desenvolvimento de novas pesquisas, para que seja investigado o efeito da salinidade da água de irrigação em outros genótipos de maracujazeiro-azedo, bem como novas fontes de adubação potássica, de preferência ensaios com o cultivo diretamente no solo e com maior período de exposição das plantas a esse tipo de estresse. Além disso, avaliar a atividade enzimática, os teores de solutos orgânicos, composição mineral (macro e micronutrientes) como forma de elucidar as alterações ocasionadas pelo estresse salino nas plantas de maracujazeiro-azedo.

APÊNDICES

ETAPAS DA PESQUISA

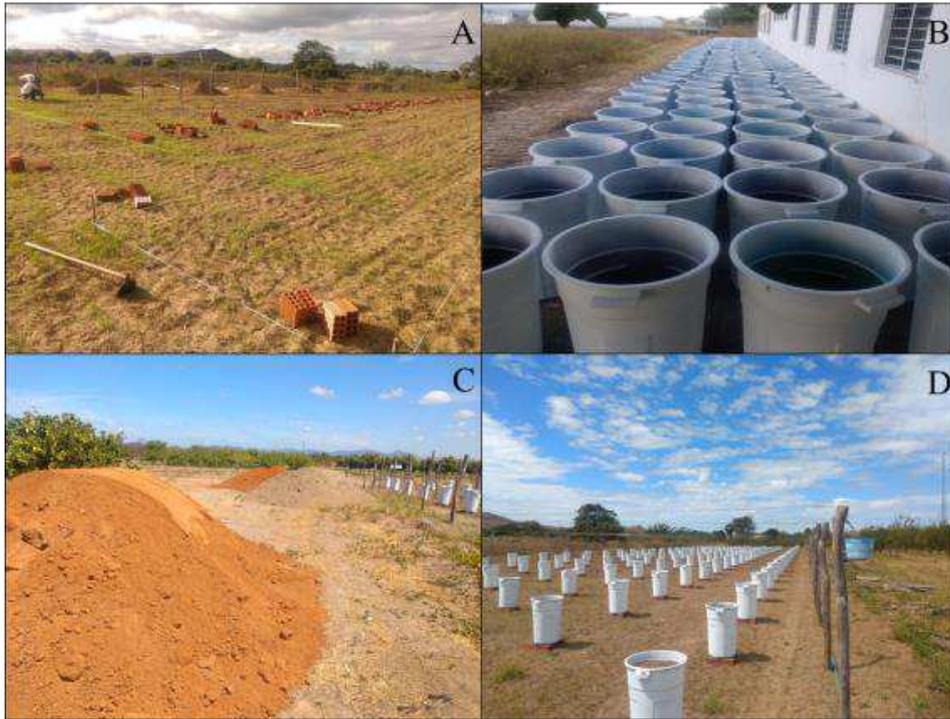


Figura 1. Detalhes da instalação do experimento: preparo da área (A), pintura dos lisímetros de drenagem (B), solo utilizado no experimento (C) e distribuição dos lisímetros na área experimental (D)



Figura 2. Detalhes da semeadura: recipientes com substrato sob a bancada (A), sementes de maracujazeiro-azedo (B), emergência (C) e desenvolvimento das mudas (D)



Figura 3. Transplântio das mudas para os lisímetros de drenagem



Figura 4. Detalhes do sistema de irrigação: instalação das tubulações (A), conjunto motobomba (B) e gotejadores (C)



Figura 5. Detalhe das podas: poda do ramo principal (A), dos ramos secundários (B) e desenvolvimento dos frutos nos ramos terciários “cortina” (C)



Figura 6. Polinização manual (A) e desenvolvimento dos frutos de maracujazeiro-azedo (B, C e D)



Figura 7. Detalhes do sistema proteção dos lisímetros para impedimento do acúmulo de água no solo durante os eventos de precipitação



Figura 8. Tratos culturais: capina (A) e eliminação de frutos com problemas fitossanitários da área experimental (B e C)



Figura 9. Vistas do dossel de plantas na área experimental



Figura 10. Colheita dos frutos

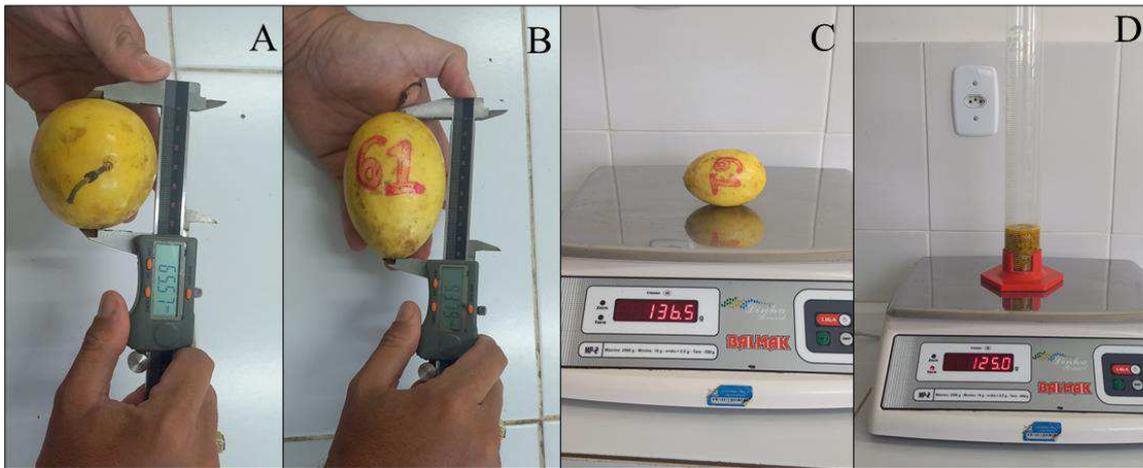


Figura 11. Detalhes da avaliação dos componentes de produção: diâmetro equatorial e polar (A e B, respectivamente), massa fresca de frutos (C), volume e massa de polpa de frutos (D)



Figura 12. Detalhes das avaliações fisiológicas: extração dos discos foliares (A), espectrofotômetro para leitura dos teores de pigmentos fotossintéticos (B), acondicionamento dos discos foliares para determinação do conteúdo relativo de água (C) e extravasamento de eletrólitos (D)

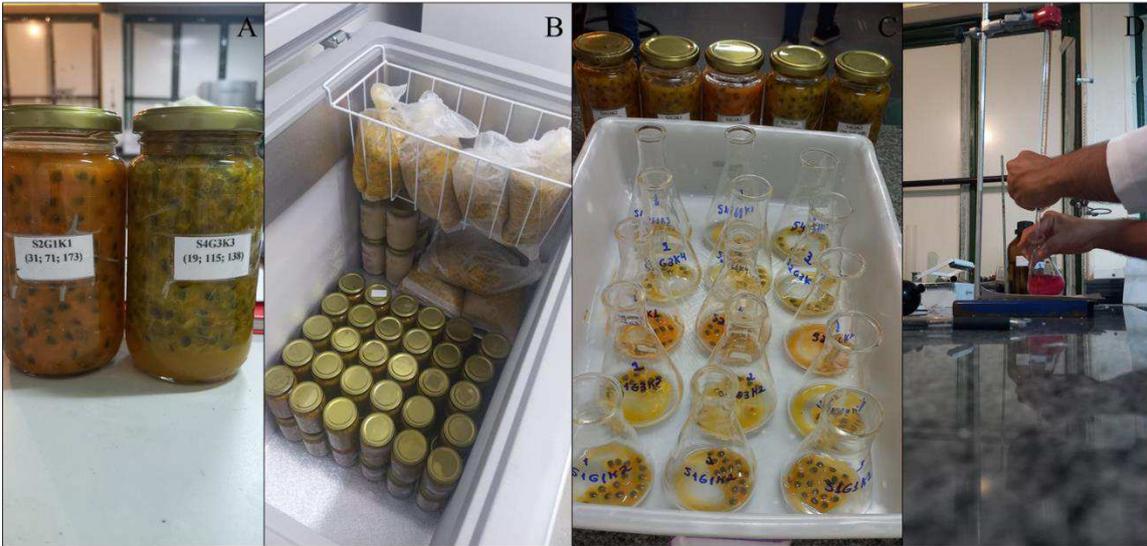


Figura 13. Detalhes do armazenamento e análise da polpa: recipientes com identificações (A), armazenamento das amostras em freezer (B), pesagem do material para análise (C) e determinação da acidez titulável da polpa de maracujazeiro-azedo (D)



Figura 14. Detalhes do preparo das amostras para avaliação de acúmulo de minerais: agitação da solução para obtenção do extrato (A), filtragem e armazenamento do extrato (B), fotômetro de chamas utilizado para determinação de sódio e potássio (C)