



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



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FORMAÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM
ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO DE PROLINA**

LARISSA FERNANDA SOUZA SANTOS

Campina Grande - PB
Fevereiro de 2023

LARISSA FERNANDA SOUZA SANTOS
Engenheira de Biossistemas

**FORMAÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM
ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO DE PROLINA**

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

Orientadores: Profa Dra. Vera Lucia A. de Lima
Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande – PB
Fevereiro – 2023

S237f

Santos, Larissa Fernanda Souza.

Formação de mudas de maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e aplicação de prolina / Clarissa Marques Cavalcanti. - Campina Grande, 2023.

66 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lucia A. de Lima, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima."

Referências.

1. *Passiflora edulis Sims*. 2. Salinidade. 3. Síntese de Osmólitos. 4. Estresse Salino. 5. Irrigação. I. Lima, Vera Lucia Antunes de. II. Lima, Giovani Soares de. III. Título.

CDU 634.776.3(043)



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

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

LARISSA FERNANDA SOUZA SANTOS

FORMAÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO DE PROLINA

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

Aprovada em: 28/02/2023

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

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

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

André Alisson Rodrigues da Silva - Examinador(a) Externo(a) - PDJ/CNPq/UFPG



Documento assinado eletronicamente por **André Alisson Rodrigues da Silva, Usuário Externo**, em 28/02/2023, às 17:25, 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 SALLYDELÂNDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 28/02/2023, às 21:06, 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 **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-VISITANTE**, em 01/03/2023, às 09:32, 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 01/03/2023, às 11:21, 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 **3138561** e o código CRC **062423A0**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Deus pela proteção diariamente, por ouvir coisas que eu não ouço, por me amparar e colocar Sua mão sobre mim em momentos de aflição.

Aos meus orientadores Geovani Soares de Lima e Vera Lúcia Antunes de Lima, vocês não soltaram minha mão em nenhum momento, obrigada por ver capacidade em mim mesmo em meio às adversidades.

Ao Programa de Pós-Graduação e a UFCG pela oportunidade de estudar e me tornar mestra.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

Ao Grupo de Pesquisa em manejo de solo, água e planta na região semiárida em especial aos discentes: André Alisson, Jessica Capitulino, Cassiano Nogueira, Thiago Filipe, Junior Medeiro, Allesson Ramos, Denis Soares, Mirandy Dias, Francisco Dias, Lucyelly Dâmela e Jessica Aragão, obrigada por toda parceria e apoio.

A banca examinadora pelas sugestões e pelo tempo tomado decorrente às correções e apresentação.

A minha família, a base da minha vida, por todo apoio, assim como meu namorado Brendo Junior, cujo companheirismo e apoio foram fundamentais nas atividades acadêmicas.

Minha eterna gratidão a todos vocês.

Dedico essa dissertação as três pessoas mais importantes da minha vida, minha mãe Maria de Fatima, minha irmã Lays Fernanda e ao bebê que ela espera em seu ventre, saibam que nada que eu tenha ou possa vir a ter faz sentido sem vocês em minha vida.

DEDICO

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Aspectos gerais da cultura do maracujazeiro-azedo	16
3.2 Disponibilidade e qualidade de água no semiárido	17
3.3 Tolerância das plantas à salinidade	19
3.4 Salinidade da água no cultivo de maracujazeiro-azedo	21
3.5 Prolina como atenuante do estresse salino	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Localização e caracterização da área experimental	23
4.2 Fatores estudados, delineamento estatístico e cultura.....	23
4.3 Instalação e condução do experimento	24
4.4 Preparo das águas salinas e manejo da irrigação.....	24
4.5 Manejo da adubação.....	25
4.6 Preparo e aplicação foliar de prolina	25
4.7 Tratos culturais e fitossanitários	26
4.8 Variáveis analisadas	26
4.8.1 Crescimento	26
4.8.2 Pigmentos fotossintéticos	27
4.8.3 Conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos	28
4.7.4 Trocas gasosas	29
4.8.5 Fluorescência da clorofila	30
4.8.6 Qualidade das mudas de maracujazeiro-azedo	30
4.8.7 Tolerância das mudas de maracujazeiro-azedo ao estresse salino	31
4.9 Análise estatística	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	55
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	Erro! Indicador não definido.
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado antes da aplicação dos tratamentos.....	23
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA) e extravasamento de eletrólitos (% EE) no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água - CEa e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	31
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente à 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>), eficiência instantânea de carboxilação (<i>EiCi</i>) e eficiência instantânea no uso da água (<i>EiUA</i>) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água - CEa e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	33
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>), <i>b</i> (Cl <i>b</i>), total (Cl <i>T</i>) e carotenoides (Car) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água - CEa e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	38
Tabela 5. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>), <i>b</i> (Cl <i>b</i>), total (Cl <i>T</i>) e carotenoides (Car) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água - CEa e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	42
Tabela 6. Resumo da análise de variância referente ao diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e área foliar (AF) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água - CEa e concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).....	45
Tabela 7. Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e parte aérea (FSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA) e índice de Qualidade de Dickson (IQD) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água - CEa e concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).....	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento.....	22
Figura 2. Detalhes da aplicação foliar de prolina nas plantas de maracujazeiro-azedo.....	25
Figura 3. Disposição das plantas nas bancadas para determinação do acúmulo de fitomassa seca de caule, folhas e raiz de plantas de maracujazeiro-azedo.....	26
Figura 4. Extratos dos discos foliares nas cubetas após as leituras dos pigmentos fotossintéticos em espectrofotômetro.....	27
Figura 5. Obtenção dos discos foliares para determinação do conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo.....	28
Figura 6. Determinação das trocas gasosas e inserção das pinças para avaliação da fluorescência em plantas de maracujazeiro-azedo utilizando-se um medidor de gás infravermelho.....	29
Figura 7. Conteúdo relativo de água – CRA no limbo foliar (A) e extravasamento de eletrólitos – % EE (B e C) de plantas de maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	32
Figura 8. Condutância estomática – gs (A e B) e transpiração – E (C e D) de plantas de maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	34
Figura 9. Concentração intercelular de CO ₂ - Ci (A) e taxa de assimilação de CO ₂ - A (B e C) de plantas de maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	37
Figura 10. Eficiência instantânea de carboxilação – <i>EiCi</i> (A e B) e eficiência instantânea no uso da água - <i>EiUA</i> (C e D) de plantas de maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	38
Figura 11. Teores de clorofila <i>a</i> – Cl <i>a</i> (A e B) e clorofila <i>b</i> – Cl <i>b</i> (C e D) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina aos 66 dias após o semeio (DAS).....	40
Figura 12. Teores de clorofila Total – Cl <i>T</i> (A e B) e de carotenoides (C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina aos 66 dias após o semeio (DAS).....	42
Figura 13. Fluorescência inicial – F ₀ (A), fluorescência máxima – F _m (B), fluorescência variável – F _v (C) e rendimento quântico do fotossistema II – F _v /F _m (D) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa aos 66 dias após o semeio (DAS).....	44
Figura 14. Fluorescência inicial – F ₀ (A), fluorescência máxima – F _m (B), fluorescência variável – F _v (C) e rendimento quântico do fotossistema II – F _v /F _m (D) de	

	plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água – CEa, aos 66 dias após o semeio (DAS).....	47
Figura 15.	Fitomassa seca de folhas - FSF (A), da parte aérea – FSPA (B) e de raiz - FSR (C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da interação entre salinidade da água e das concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).....	50
Figura 16.	Fitomassa seca caule - FSC (A), razão raiz/parte aérea – R/PA (B) e índice de qualidade de Dickson - IQD (C) de plantas de maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água - CEa aos 80 dias após o semeio (DAS).....	52
Figura 17.	Produção relativa de fitomassa do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa descrito pelo modelo matemático de platô de Maas & Hoffman (1977)	54

Santos, L. F. S. **Formação de mudas de maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e aplicação de prolina**. 2023. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

Em áreas do semiárido do Nordeste brasileiro é comum a ocorrência de fontes hídricas com teores elevados de sais dissolvidos, destacando-se como um fator de estresse abiótico para as culturas sensíveis ao estresse salino como o maracujazeiro-azedo. Neste contexto, a busca por estratégias capazes de possibilitar a irrigação com águas salinas na fruticultura irrigada é fundamental para garantir a necessidade de produção de alimentos. Nesse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos das concentrações prolina na fisiologia, no crescimento, na qualidade e tolerância de maracujazeiro-azedo irrigados com águas salinas na fase de formação de mudas. A pesquisa foi conduzida sob condições de casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande – PB, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação CEa - (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m^{-1}) e quatro concentrações de prolina (0, 5, 10 e 15 mM) com quatro repetições e duas plantas por parcela, perfazendo 160 unidades experimentais. A salinidade da água a partir de 0,6 dS m^{-1} reduziu o conteúdo relativo de água, trocas gasosas, fluorescência máxima, variável, eficiência quântica do fotossistema II e o crescimento, como também eleva o extravasamento de eletrólitos e a fluorescência inicial em plantas maracujazeiro-azedo BRS GA1'. A irrigação com água de condutividade elétrica entre 1,3 e 1,8 dS m^{-1} estimulou a biossíntese de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1'. A aplicação foliar de prolina nas concentrações variando de 4,5 e 6,5 mM aumentou a condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO_2 , eficiência instantânea de carboxilação, teores de clorofilas e crescimento do maracujazeiro-azedo. A água com condutividade elétrica de até 3,0 dS m^{-1} possibilitou a formação de mudas de maracujazeiro-azedo com qualidade aceitável para o transplântio no campo. O genótipo de maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' é sensível a salinidade da água, sendo o nível de salinidade limiar de 0,6 dS m^{-1} e a redução por aumento unitário da condutividade elétrica de 10,49%.

Palavras-chave: *Passiflora edulis Sims.*, salinidade, síntese de osmólitos

Santos, L. F. S. **Formation of sour passion fruit seedlings irrigated with saline water and application of proline.** 2023. 66p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

In semi-arid areas of the Brazilian Northeast, the occurrence of water sources with high levels of dissolved salts is common, standing out as an abiotic stress factor for crops sensitive to saline stress, such as passion fruit. In this context, the search for strategies capable of enabling irrigation with saline water in irrigated fruit growing is essential to ensure the need for food production. In this context, the objective of this study was to evaluate the effects of proline concentrations on the physiology, growth, quality and tolerance of sour passion fruit irrigated with saline water in the seedling formation phase. The research was conducted under greenhouse conditions belonging to the academic unit of agricultural engineering at the Federal University of Campina Grande, in Campina Grande - PB, using a completely randomized experimental design, in a 5×4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of irrigation water EC_w - (0.6; 1.2; 1.8; 2.4 and 3.0 dS m^{-1}) and four concentrations of proline (0, 5, 10 and 15 mM) with four repetitions and two plants per plot, totaling 160 experimental units. Water salinity from 0.6 dS m^{-1} reduced relative water content, gas exchange, maximum variable fluorescence, photosystem II quantum efficiency and growth, and increased electrolyte leakage and initial fluorescence in BRS GA1' sour passion fruit plants. Irrigation with water with electrical conductivity between 1.3 and 1.8 dS m^{-1} stimulated the biosynthesis of photosynthetic pigments in the passion fruit 'BRS GA1'. Foliar application of proline at concentrations ranging from 4.5 and 6.5 mM increased stomatal conductance, transpiration, CO_2 assimilation rate, instantaneous carboxylation efficiency, chlorophyll contents and growth of sour passion fruit. Water with an electrical conductivity of up to 3.0 dS m^{-1} enabled the formation of passion fruit seedlings with acceptable quality for transplanting in the field. The 'BRS GA1' sour passion fruit genotype is sensitive to water salinity, with a threshold salinity level of 0.6 dS m^{-1} and a reduction per unit increase in electrical conductivity of 10.49%.

Keywords: *Passiflora edulis Sims.*, salinity, osmolyte synthesis

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo é uma frutífera pertencente à família Passifloraceae, apreciada e cultivada nas mais diversas regiões do Brasil. A cultura ganhou destaque comercial a partir da segunda metade da década de 1970, quando o Brasil a fim de atender a demanda de exportação começou a expandir suas áreas de produção, sendo crescente ano após ano, até os dias atuais (EMBRAPA, 2019). Na atualidade, a cultura se encontra em expansão, principalmente em áreas de pequeno e médio porte, onde os tratos culturais são realizados pela mão de obra familiar, contribuindo significativamente com a geração de renda (CAVICHIOLO et al., 2011). É uma fruteira que possui versatilidade de usos, podendo ser consumida 'in natura' ou processada, indústria de cosméticos, medicina tradicional por ser rica em vitaminas A e C, ácido fólico e nutrientes como cálcio, ferro e potássio (CORRÊA et al., 2016).

A Paraíba desempenha um papel crucial na produção do maracujazeiro-azedo para a região Nordeste, totalizando 1.116 ha de área colhida, 10.444 t de frutos produzidos e rendimento médio de 9,36 t/ha de frutos (EMBRAPA, 2021). A produção do maracujá no Nordeste em sua grande maioria é cultivada por pequenos agricultores em propriedades de 1 a 5 ha e seu cultivo representa a renda principal destas famílias (EMBRAPA, 2019).

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta distribuição irregular das precipitações, alta evaporação na maioria dos meses do solo intensificando eventos de escassez hídrica e salinização (DHARPURE et al., 2020). Nesta região é comum a ocorrência de fontes de águas superficiais e subterrâneas com teores elevados de sais e com composições catiônicas e aniônicas variadas dependendo das condições climáticas, zona climática e época do ano (KHORRAMI & GUNDUZ, 2019).

O excesso de sais presentes nas fontes de águas provoca redução do potencial osmótico na solução do solo e restringe a absorção de água e nutrientes pelas plantas, levando a um desequilíbrio nutricional, além de ocasionar toxicidade de íons específicos, interferindo nos processos fisiológicos como fotossíntese e respiração celular e induzindo alterações nas funções enzimáticas e metabólicas das plantas (AHMADI & SOURI, 2020). O estresse salino também induz o estresse oxidativo, devido ao desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e sua desintoxicação por reações enzimáticas e não enzimáticas e, por conseguinte há danos foto-oxidativos, peroxidação lipídica de membrana, desnaturação de proteína e, por fim, morte celular (MOHAMED et al., 2020).

Apesar de vários estudos abordarem os efeitos do estresse salino sobre o cultivo de maracujazeiro-azedo (SILVA NETA et al., 2021; DINIZ et al., 2020; LIMA et al., 2021), o nível de tolerância das plantas ao estresse salino varia em função da fase de desenvolvimento da cultura, época de cultivo, tempo de exposição aos sais, método de irrigação e aplicações de substâncias exógenas (SILVA et al., 2020).

Há de se considerar a aplicação de substâncias elicitores e com capacidade de mitigação do estresse salino nas plantas. Dentre estes elicitores destaca-se a aplicação foliar de prolina. A prolina é um composto com características osmoprotetoras, com capacidade de eliminar espécies reativas de oxigênio, desempenha capacidade de defesa celular quando a planta é submetida ao estresse salino induzindo a tolerância aos sais, reduzindo o dano oxidativo (WANG et al., 2017).

No citosol a prolina é um soluto compatível que contribui para o equilíbrio osmótico intracelular, podendo também proteger enzimas citossólicas quando a concentração de íons aumenta e, conseqüentemente, manter o potencial hídrico e a turgescência das células (LIMA et al., 2020). Sob condições de estresse salino, a prolina é uma molécula chave de sinalização capaz de desencadear múltiplas respostas que fazem parte do processo de aclimação através da estabilização de membranas e proteínas; promover a eliminação de radicais livres; atuar na sinalização celular e no equilíbrio de oxirredução (ASHRAF & HARRIS, 2005).

Esse estudo baseia-se na hipótese de que a prolina em concentrações adequadas possibilita a atenuação dos efeitos do estresse salino na fisiologia, crescimento e qualidade de mudas maracujazeiro-azedo. Desse modo, compreender os efeitos da aplicação foliar de prolina na fisiologia, crescimento, qualidade de mudas de maracujazeiro-azedo sob condições de estresse salino é uma alternativa importante que pode, inclusive, potencializar expansão do cultivo dessa fruteira nas condições de semiárido do Nordeste brasileiro onde é comum a ocorrência de fontes hídricas com níveis elevados de sais.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os efeitos das concentrações de prolina na fisiologia, crescimento, qualidade e tolerância do maracujazeiro-azedo irrigado com água salina durante a fase de formação de mudas.

2.2 Específicos

- Avaliar o crescimento do maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água e concentrações de prolina;
- Determinar as trocas gasosas, pigmentos fotossintéticos e eficiência fotoquímica de plantas maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água e concentrações de prolina;
- Mensurar o extravasamento de eletrólitos e o conteúdo relativo de água no limbo foliar do maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água e concentrações de prolina;
- Avaliar com base no índice de Qualidade de Dickson a qualidade das mudas do maracujazeiro-azedo em função da salinidade da água e concentrações de prolina; e
- Determinar o nível de salinidade limiar do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura do maracujazeiro-azedo

O maracujazeiro-azedo pertence ao gênero *Passiflora*, sendo a maioria das espécies originadas na América Tropical, destacando o Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Bolívia e Paraguai como principais centros de origem. É importante destacar que O Brasil possui mais de 100 espécies endêmicas (EMBRAPA, 2003). O maracujazeiro-azedo possui em torno de 500 espécies, sendo os seus frutos comestíveis usados para fins medicinais, consumo 'in natura' e flores que se destacam pela beleza e potencial ornamental (EMBRAPA, 2004; KUGLER & KING, 2004).

É uma planta trepadeira sublenhosa, expandindo-se geralmente mediante gavinhas axilares de crescimento rápido e contínuo, podendo atingir de 5 a 10 m de comprimento. Já o caule tem secção circular, é lenhoso e bastante lignificado diminuindo o teor de lignina à medida que se aproxima do ápice da planta. As flores são hermafroditas, actinomorfas, isoladas ou aos pares, situadas nas axilas das folhas e, frequentemente, agrupadas em inflorescências racemosas, pseudo-racemosas ou fasciculadas. O fruto é uma baga de forma subglobosa ou ovoide que está fixado através de um pedúnculo, com epicarpo (casca) as vezes lignificado (GRECO, 2014).

No maracujazeiro-azedo o florescimento e a frutificação são dependentes de calor e dias longos, além de umidade no solo. Baixas temperaturas e dias curtos prejudicam a produção da cultura. Contudo, as chuvas intensas e frequentes reduzem a polinização, em virtude de o grão de pólen ser higroscópico, se rompendo em ambiente com alta umidade (CARVALHO et al., 2015). O maracujazeiro-azedo também possui consideráveis teores de sólidos solúveis na sua polpa, sendo um fator importante na qualidade do fruto, possuindo em torno de 4° a 16° brix, isso quer dizer que o fruto chegou a uma maturação e doçura ideal, podendo variar dependendo da cultivar (NUNES & SILVA, 2013).

Em 2021, o Brasil produziu 683,993 t de frutos, cerca de 44,827 ha de área colhida e rendimento médio de 12,259 kg de fruto por hectare. Em nível nacional, o Ceará é o estado que lidera com a maior produção (IBGE, 2021). As cultivares mais produzidas no Brasil são a BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado, BRS Rubi do Cerrado, FB 200 e Marília (EMATER, 2017). A EMBRAPA ACRE e a EMBRAPA CERRADO avaliaram o potencial produtivo de cultivares de maracujazeiro-azedo sob condições irrigadas e destacaram a cultivar BRS Gigante Amarelo (BRS GA1) com uma produção de 42 t/ha.

O Nordeste brasileiro consolidou-se como o principal produtor agrícola do país em 2021 atingiu 32.196 ha de área colhida, 476.006 t de frutos produzidos, 14,78 de rendimento médio (t/ha), os principais estados produtores são Ceará e Bahia (primeiro e segundo lugar) (EMBRAPA, 2021). Já a Paraíba fica em 13º lugar atingindo 1.116 de ha de área colhida, 10.444 t de frutos produzidos e rendimento médio de 9,36 t/ha (EMBRAPA, 2021).

O maracujazeiro é uma fruteira também conhecida pelas suas potencialidades anti-inflamatórias e antioxidantes, destacando-se como fonte de compostos bioativos na polpa e nas sementes como o glicosídeo C de flavona, além de possuir propriedades antidepressivas e diminuem o dano oxidativo do cérebro, melhorando déficits cognitivos com Alzheimer (GADIOLI et al., 2018; DOUNGUE et al., 2018; DUARTE et al., 2020).

A nutrição do maracujazeiro-azedo é de extrema importância para o sucesso da produção, desde a fase de formação de mudas até colheita os macronutrientes mais exigidos são: nitrogênio (N) e potássio (K), seguido de cálcio (Ca), enxofre (S), fósforo (P) e magnésio. Com relação aos micronutrientes, os mais requeridos são: manganês (Mg), seguido de ferro (Fe), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu) (HAGUE et al., 1973; (MALAVOLTA et al., 1997).

A fase de formação de mudas produzidas sob condições de casa de vegetação varia de 40 a 70 dias após o semeio, atingindo 15 a 30 cm de altura. Contudo, sua qualidade depende das características do solo, controle de espécies invasoras e nutrição (EMATER, 2017). Nesta etapa o elemento mais requerido é o fósforo (P), devido a sua influência no armazenamento de energia e como componente de lipídeos capazes de acelerar a formação das raízes (MALAVOLTA, 2006).

3.2 Disponibilidade e qualidade de água no semiárido

Nos últimos anos com o crescimento populacional acelerado a utilização dos recursos naturais são alvo de grande preocupação, tendo em vista que são finitos ou levam muito tempo para recuperação, destacando-se a água e o solo, onde sua utilização vem ocorrendo de forma acelerada e de forma mal manejada (RIEKHOF et al., 2019). A água é um elemento vital para os seres vivos, faz parte da maioria dos processos metabólicos, logo, o uso racional desse recurso natural deve ser adotado, tendo em vista que a água de tem se tornado cada vez mais escassa (PESSOA et al., 2016).

A produção de alimentos é um dos fatores essenciais para manutenção da vida humana e o setor agropecuário é o principal usuário das fontes hídricas de baixa condutividade elétrica é necessário, portanto, que seja desenvolvida estratégias e formas eficientes de uso da água para

garantir a produção de alimentos e, ao mesmo tempo, manter qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos para consumo humano (EMBRAPA, 2018).

As fontes hídricas do planeta possuem uma determinada quantidade de sais dissolvidos em sua composição, alguns fatores, como clima da região, trajeto percorrido, características do solo, determinam as concentrações desses sais (SHALHEVET & KAMBUROV, 1976). No semiárido brasileiro a irregularidade de precipitação, elevada evaporação, longos períodos de estiagem entre outros fatores aumentam as concentrações de sais dissolvidos nas águas (LIMA et al., 2020a).

A agricultura irrigada com água salina existe como solução, contribuindo para a renovação das águas subterrâneas e suprimindo a necessidade de oferta e demanda de água para fins agrícolas, tendo em vista que a agricultura de forma sustentável depende de alguns fatores, como manejo adequado do solo, utilização de sementes de boa qualidade, manejo correto de agrotóxicos, modernização constante da irrigação (LEI et al., 2003; YAN et al., 2021). Os parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade das águas para fins de irrigação são a salinidade e a capacidade de sodificação do solo através da relação de adsorção de sódio (GHEYI et al., 2016; FAO, 2017).

A classificação microbiológica também é um fator importante para o cultivo de frutíferas, de acordo com a Resolução n. 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (2005) estabelecida para água doce e se aplica ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças; plantas frutíferas e de parques; jardins; campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, aquicultura e atividade de pesca pertencem a classe II (CONAMA, 2005).

No semiárido do Nordeste brasileiro as fontes hídricas disponíveis para irrigação são as águas superficiais e subterrâneas, a exemplo dos açudes, rios e poços, a maior parte dessas fontes de água apresenta qualidade satisfatória. No entanto, em muitos casos o volume ou disponibilidade não são capazes de suprir as necessidades ou os custos para obtenção não são viáveis, restando como alternativa a utilização de águas para irrigação de qualidade inferior, a exemplo de poços artesianos e reservas próximas a local de produção (MEDEIROS, 1992). Essas águas principalmente na região semiárida possuem altos teores de sais, apesar de variar dependendo na região sua grande maioria são cloretadas sódicas (MEDEIROS et al., 2003).

O conhecimento da classificação das águas utilizadas para irrigação é de extrema importância para o manejo principalmente com a utilização de águas salinas, Richards (1954) coordenou trabalhos no Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, em Riverside, em uma

avaliação qualitativa destacou que as águas se dividem em quatro classes de acordo com a condutividade elétrica da água (CEa): C1 (Água de baixa salinidade) $<0,25 \text{ dS m}^{-1}$, C2 (Água de média salinidade) entre $0,25$ e $0,75 \text{ dS m}^{-1}$, C3 (Água de alta salinidade) entre $0,75$ e $1,50 \text{ dS m}^{-1}$ e C4 (Água de muito alta salinidade) entre $1,50$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ respectivamente.

Outro ponto importante é conhecer o risco de sodificação das águas determinado pela RAS (relação de adsorção de sódio), que expressa a atividade relativa dos íons de sódio em reações de intercâmbio catiônico com o solo, em síntese, a RAS determina o quanto a água de irrigação oferece riscos de sodificação ao solo (EMBRAPA 2001). Também desenvolvida pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, em Riverside, Richards (1954) classificou a RAS em quatro classes: S1 (Água com baixo teor de sódio), S2 (Água com teor médio de sódio), S3 (Água com alto teor de sódio) e S4 (Água com teor muito alto de sódio).

3.3 Tolerância das plantas à salinidade

A tolerância é o termo que se refere a capacidade das plantas de sobreviver aos estresses abióticos (como salinidade e déficit hídrico), e desenvolvem mecanismos de escape como o aumento das atividades metabólicas quando submetidas à estresse moderado e baixa atividade metabólica quando submetidas à estresse severo (CAMARA & WILLADINO, 2005). O nível de tolerância pode ser expresso pela biomassa produzida ou porcentagem de sobreviventes, com variações específicas entre as espécies (GREENWAY & MUNNS, 1980). Os altos níveis de salinidade nas plantas desencadeiam os efeitos de natureza osmótica, iônica e o estresse oxidativo, independentemente da fase o excesso de sais nas plantas afeta toda a cadeia produtiva (REHMAN et al., 2019).

O efeito osmótico é caracterizado pela diferenças de potenciais, ou seja, as plantas só conseguem absorver água pelo fato de existir um gradiente de potencial hídrico favorável, quando as força de retenção do solo são maiores que as da planta, ocorre o efeito reverso, a desidratação celular, reduzindo seu turgor e volume, essa condição diminui a capacidade de absorção de água e nutrientes e induz a planta a desenvolver mecanismos de tolerância para garantir sua sobrevivência (TAIZ et al., 2017), esse processo é chamado de ajustamento osmótico que ocorre através do acúmulo de solutos orgânicos osmoticamente ativos (prolina, glicina, betaína, açúcares, entre outros), e mantem o gradiente com a solução do solo fazendo com que a planta consiga absorver água e exercer seus processos fisiológicos (SILVEIRA et al., 2009).

Quando submetidas a estresses abióticos como o salino, as plantas apresentam o aumento no teor de Na^+ associado ao acúmulo de Cl^- e perda de potássio (K^+), apesar do Cl^- ser um elemento capaz de regular o potencial osmótico foliar, o turgor ajuda no crescimento, seu

excesso é tóxico para as plantas alterando a fotossíntese, o crescimento (TAVAKKOLI et al., 2011; WU et al., 2018).

A fase iônica é caracterizada pelo acúmulo de Na^+ e Cl^- nas células vegetais, nesta fase pode ocorrer a senescência prematura das folhas, devido à inibição das atividades enzimáticas, no caso do Na^+ o acúmulo no citoplasma interfere a absorção e o transporte de potássio (K^+), nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}) e zinco (Zn^{2+}), o estresse salino também induz o acúmulo de espécies reativas de oxigênio que, por sua vez, possui grande capacidade de lesionar a estrutura celular e macromoléculas, como o DNA, os lipídios e as enzimas esse processo é chamado de estresse oxidativo (GHEYI et al., 2016; LIU et al., 2022).

Os compostos iônicos que são capazes de induzir a salinidade são o NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 , MgCl_2 , KCl e Na_2CO_3 . O NaCl é o composto com maior potencial salino devido à sua dissociação em sódio e cloreto (MACHADO & SERRALHEIRO, 2017).

O cloreto tem capacidade de movimentação fácil, porém não é facilmente absorvido, em concentrações excessivas impede a absorção de nitratos e ácidos orgânicos, os sintomas visuais são queimas nos tecidos, amarelamento antecipado das folhas (GHEYI et al., 2016). O boro é um elemento essencial que atua na síntese e estrutura da parede celular, tem grande potencial de toxidez mesmo em pequenas concentrações, quando ocorre a toxidez por boro, os sintomas iniciam-se nas pontas e bordas das folhas mais velhas em forma de clorose, ao longo do tempo a clorose atinge os tecidos intermúrcis (GHEYI et al., 2016).

Com relação a tolerância das plantas aos sais existem dois grupos: as plantas halófitas que possuem capacidade de tolerar os efeitos a salinidade de uma forma mais eficiente e as glicófitas que compõem a maioria das espécies do planeta e não tem a capacidade de amenizar os efeitos dos sais. Neste contexto, as plantas são classificadas como sensível, moderadamente sensível, moderadamente tolerante e tolerante (ELGALLAL et al., 2016; SILVA et al., 2018).

As plantas glicófitas desenvolveram mecanismos que permitem sua sobrevivência sob condições salinas (MUNNS & TESTER, 2008), destacando-se o acúmulo de íons e compostos orgânicos (como prolina, glicina, betaína) no vacúolo que diminuem o potencial hídrico ao ponto de ser inferior ao do solo, permitindo o ajustamento osmótico. Esses compostos podem ser aminoácidos, açúcares, poliméricos entre outros (WILLADINO & CAMARA, 2010).

Contudo, as respostas das culturas sob estresse salino variam de espécie para espécie, cada um possui um nível limiar em que a sua produção não é afetada mesmo em ambiente salino, este resultando depende de como o manejo de outros fatores, como concentração de sais, manejo da irrigação, características do solo e condições climáticas (RHOADES et al., 2000; GHEYI et al., 2016).

3.4 Salinidade da água no cultivo de maracujazeiro-azedo

O uso de águas salinas na irrigação é uma realidade para o cultivo de diversas culturas e uma alternativa em regiões em que ocorre escassez de água em termos quantitativos e qualitativos. Neste sentido, Lima et al. (2021) ao avaliarem o crescimento das mudas de maracujazeiro-azedo cv. BRS RC irrigadas com águas (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹), também observaram que o crescimento em diâmetro do caule das plantas foi reduzido acentuadamente com o incremento nos níveis de CEa, aos 60 DAS.

De acordo com Ayers & Westcot (1994) o maracujazeiro-azedo é uma cultura classificada como sensível ao estresse salino, sendo o nível de salinidade limiar da água de 1,3 dS m⁻¹. Entretanto, o nível de tolerância e/ou sensibilidade das plantas podem variar em função da intensidade do estresse, condições climáticas, manejo de irrigação e adubação. Silva Neta et al. (2021) em pesquisa com o maracujazeiro-azedo sob estresse salino (CEa variando de 0,7 a 2,8 dS m⁻¹) observaram redução linear na AF das plantas, cujo decréscimo foi de 13,1% por aumento da CEa. De acordo com estes autores, essa redução na área foliar se destaca como mecanismo de adaptação das plantas ao estresse salino, que reduzem a superfície transpirante.

Lima et al. (2020) ao estudarem os teores de pigmentos fotossintéticos o maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado irrigado com água de condutividade elétrica de 0,3 e 3,5 dS m⁻¹ em ambiente protegido, concluíram que a síntese de clorofila *a* foi significativamente reduzida com o uso de água de 3,5 dS m⁻¹.

Diniz et al. (2020) em estudo com o maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' cultivado com águas salinas (CEa variando de 0,3 a 3,1 dS m⁻¹), também observaram que a R/PA aumentou linearmente com o incremento dos níveis de condutividade elétrica da água, sendo o aumento de 91,16% nas plantas que receberam a CEa de 3,1 dS m⁻¹ em relação àquelas que receberam o menor nível salino (0,3 dS m⁻¹). De acordo com estes autores o aumento da R/PA é um indicativo de que a parte aérea expressa maior sensibilidade ao estresse salino em relação ao sistema radicular, sendo importante para a otimização do processo de absorção de água e nutrientes, uma vez que a salinidade limita o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Andrade et al. (2018) em pesquisa com o maracujazeiro-azedo avaliando o crescimento, índices fisiológicos, produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro amarelo, concluíram que a condutividade elétrica da água a partir de 1,4 dS m⁻¹ comprometeu a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos e a produção de fitomassa.

Silva Neta et al. (2021) avaliando os efeitos da irrigação com águas salinas (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹) em mudas de maracujazeiro-azedo 'BRS RC', observaram que a salinidade

da água a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou redução na área foliar, altura de plantas, conteúdo relativo de água, fitomassa seca do caule e suculência foliar, entretanto, as mudas de maracujazeiro-azedo 'BRS RC' foram consideradas de qualidade sob irrigação com água de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

3.5 Prolina como atenuante do estresse salino

A prolina é um aminoácido que possui característica multifuncional solúvel e de baixo peso molecular, atua como um osmoprotetor, por meio do acúmulo desse composto a planta consegue eliminar espécies reativas de oxigênio e manter a homeostase redox (WANG et al., 2017). A biossíntese da prolina ocorre através do glutamato ou da ornitina quando se trata de estresse salino, as plantas estressadas realizam a biossíntese por meio de uma reação redutiva cíclica e acelerada, a produção excedente de NADPH é consumida pela reação de redução (REDDY et al., 2015).

A síntese de prolina ocorre no vacúolo das células ou no citosol, sendo sua atuação como osmólitos que auxilia na eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROS) estabilizando as estruturas subcelulares (membranas e proteínas) (MWENYE et al., 2016). A prolina possui mais atividade nas raízes das plantas glicófitas (ORTIZ, 2020; NING et al., 2021). Apesar do papel fisiológico da prolina no metabolismo vegetal sob condições de estresses abióticos, a elevada produção desse aminoácido pode desencadear efeitos tóxicos, devido esse osmólito consumir de 0,4 a 0,6% do nitrogênio total das folhas, elemento essencial que deveria ser utilizado para os processos de crescimento (ERNST et al., 2000).

Souza et al. (2021) avaliando os efeitos da aplicação foliar de prolina nos índices fisiológicos e crescimento de clones de cajueiro sob estresse salino, concluíram que a concentração de $7,4 \text{ mM L}^{-1}$ de prolina promoveu maior alocação de fitomassa seca de caule. Silva et al. (2020) em pesquisa com aplicação foliar de prolina no crescimento e fisiologia do milho verde cultivado em solo salinizado, observaram que a concentração de $7,5 \text{ mM L}^{-1}$ de prolina resultou em incremento na concentração intercelular de CO_2 ; por outro lado, a maior transpiração foliar foi obtida sob as maiores concentrações de prolina e em solo com menor nível de condutividade elétrica ($0,86 \text{ dS m}^{-1}$).

Russo et al. (2020) analisando os efeitos da prolina e polihidroxitirato no cultivo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) identificaram que ambos os elicitores estimularam o desenvolvimento radicular e da parte aérea, além da produção de vagens, porém melhores resultados foram os que continham prolina via tratamento de sementes associado à aplicação foliar.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de julho a outubro de 2022 sob condições de casa de vegetação, localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande-PB, situado pelas coordenadas geográficas: 7° 15' 18" S, 35° 52' 28" W e altitude de 550 m. O clima da região é caracterizado como AS tropicais com estação seca (ALVARES et al., 2013). Os dados coletados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar do interior da casa de vegetação estão dispostos na Figura 1.

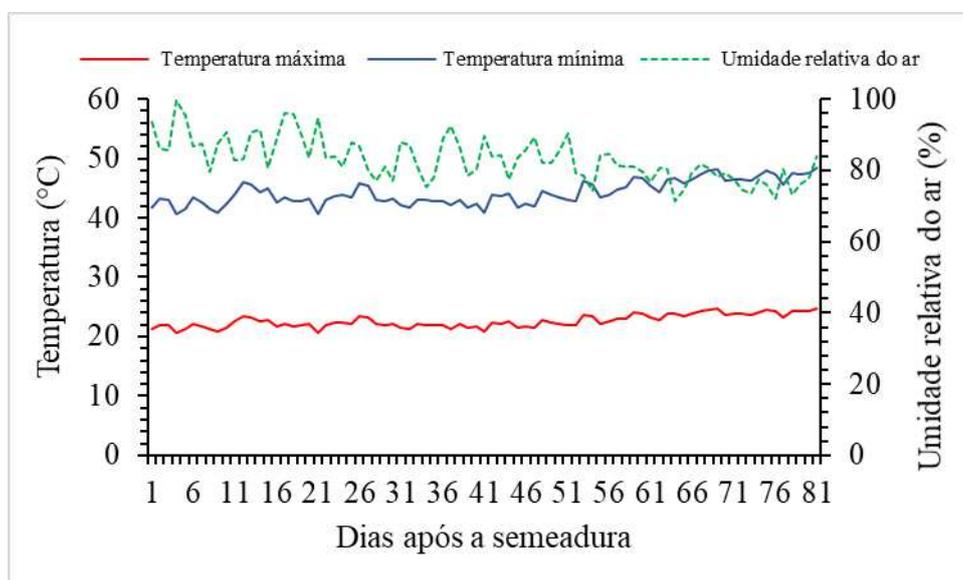


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento.

4.2 Fatores estudados, delineamento estatístico e cultura

Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de prolina (0; 5; 10 e 15 mM), em arranjo fatorial 5 × 4, distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, duas plantas por parcelas, totalizando 160 unidades experimentais. A determinação dos níveis salinos, baseou-se em pesquisa desenvolvida por Ramos et al., (2022) utilizando o maracujazeiro-azedo, já as concentrações de prolina foram estabelecidas de acordo com estudos de Veloso et al. (2018) que trabalhou com a cultura da goiaba.

A cultivar BRS Gigante Amarelo nomeada atualmente de BRS GA1 é a mais cultivada pelos produtores, exceto em regiões com ocorrência de geadas, destaca-se pela alta

produtividade, e tolerância a antracnose e bacteriose, seus frutos são da cor amarela, a polpa apresenta coloração amarelada, possui rendimento de 40% de polpa e cerca de 15° Brix (BRITO et al., 2022).

4.3 Instalação e condução do experimento

As mudas de maracujazeiro-azedo foram obtidas por via seminífera, utilizando a cultivar ‘BRS GA1’. O semeio foi realizado utilizando-se 3 sementes por sacola de polietileno com dimensões de 10 × 25 com capacidade para 3 kg distribuídas de forma equidistantes em 1 cm de profundidade, preenchidas com um substrato na proporção de 2:1:1 (em base de volume) de um solo de textura franco arenosa, areia e húmus de minhoca. Aos 37 dias após o semeio (DAS), foi realizado um desbaste, deixando-se uma planta por sacola, aquela que apresentava visualmente maior vigor morfológico. O solo foi coletado na profundidade de 0-20 cm em área do município de Lagoa Seca – PB. Os atributos físicos e químicos (Tabela 1) do solo foram determinados de acordo com metodologia de Teixeira et al. (2017) em laboratório pertencente a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizado no município de Areia-PB.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado 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		
6,7	12,75	5,96	89,51	0,09	3,72	0,95	0,00	0,91	
.....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)		
0,50	5,89	0,70	1,52	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²	
				727	211	62	Franco Arenosa		

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.

4.4 Preparo das águas salinas e manejo da irrigação

As águas foram preparadas a partir da dissolução de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1, relação predominante nas fontes de água utilizadas para irrigação na região Nordeste (Medeiros, 1992), todas ajustada para as concentrações através da água do sistema de abastecimento local de Campina Grande – PB sendo eles: 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹. No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CE_a e a concentração de sais (Richards, 1954), de acordo a Equação 1.

$$Q = 640 \times CE_a \dots\dots\dots (1)$$

Em que:

Q - quantidade de sais a ser aplicado (mg L^{-1});

CEa - condutividade elétrica da água (dS m^{-1}).

Antes do semeio o teor de umidade do solo foi elevado ao nível correspondente à capacidade de campo com água de menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$). Posteriormente as irrigações foram realizadas diariamente, às 17 h aplicando-se em cada sacola a quantidade de água necessária para manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo. Aos 27 dias após o semeio iniciou-se a irrigação com as águas dos distintos tratamentos, sendo o volume de água aplicado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, determinada pelo balanço hídrico, conforme a Equação 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 (mL);

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

Vd = Volume drenado (mL) e

FL = fração de lixiviação de 0,20 (visando reduzir o acúmulo gradual de sais no solo).

4.5 Manejo da adubação

A adubação com nitrogênio, potássio e fósforo foi realizada em cobertura de acordo com a recomendação de Novais et al. (1991), nas doses de 100, 150 e 300 mg kg^{-1} de N, K e P, respectivamente, na forma de ureia, cloreto de potássio e fosfato monoamônio. A adubação com nitrogênio, fósforo e potássio foi parcelada em 8 vezes, sendo aplicada aos 24, 31, 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAS, via fertirrigação. Como fontes de micronutrientes foi aplicado o Dripsol Micro® (1,2% magnésio, 0,85% boro, 3,4% ferro, 4,2% zinco, 3,2% manganês, 0,5% cobre e 0,06% molibdênio) na concentração de 1 g L^{-1} , via foliar. As adubações foliares foram realizadas em intervalo de 7 dias.

4.6 Preparo e aplicação foliar de prolina

As concentrações de prolina foram obtidas em cada evento de aplicação a partir da sua diluição em água destilada. As aplicações foram realizadas semanalmente utilizando-se um pulverizador manual com bico cônico regulável de metal com 1 cm, pressão de serviço de 300 Psi e vazão de $1,1 \text{ L min}^{-1}$ (Figura 2) mais adjuvante para melhorar a eficiência da aplicação. Para evitar a deriva entre as parcelas, utilizou-se uma caixa de papelão. As plantas submetidas

à concentração de 0 mM, foram pulverizadas apenas com água destilada. As aplicações foram realizadas a partir das 17 h devido à menor temperatura. Foi adicionado a calda adjuvante para obtenção de melhor aproveitamento do produto, o volume médio aplicado por planta foi de 200 ml.



Figura 2. Detalhes da aplicação foliar de prolina nas plantas de maracujazeiro-azedo.

4.7 Tratos culturais e fitossanitários

O controle de pragas foi realizado utilizando-se um inseticida químico classificado como piretroides sintéticos empregando como princípio ativo a Deltametrina. O controle de plantas invasoras foi realizado o arranquio manual durante o período de condução do experimento, com o objetivo de evitar a competição interespecífica por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura.

4.8 Variáveis analisadas

4.8.1 Crescimento

O crescimento das plantas foi mensurado aos 80 DAS pelo diâmetro de caule (DC), altura de plantas (AP) e área foliar (AF) e acúmulo de fitomassas. A altura das plantas (cm) foi medida tomando-se como referência a distância do colo da planta à inserção do meristema apical e o DC (mm) foi medido a 2 cm do colo da planta. Já a área foliar foi determinada de acordo com Cavalcante et al. (2002), utilizando-se a Equação 3.

$$AF = 0,78 \times C \times L \dots \dots \dots (3)$$

Em que:

AF - área Foliar (cm²);

C - comprimento da folha (cm);

L - largura da folha (cm);

Constante matemática = 0,78

O acúmulo de fitomassa foi avaliado aos 80 DAS, através da fitomassa seca de caule (FSC), folhas (FSF) e raiz (FSR). Para a determinação das fitomassa, as plantas foram cortadas rente à superfície do solo e separadas em folhas, caule e raiz (Figura 3). Para a obtenção da fitomassa seca, cada parte da planta foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e levados à estufa de circulação forçada a 65 °C, até atingir peso constante. Posteriormente, pesou-se este material em balança de precisão de 0,001 g, visando a obtenção da FSF (g por planta), FSC (g por planta) e FSR (g por planta); cujo somatório resultou na fitomassa seca total (FST). A partir dos dados de FSC + FSF determinou-se a FSPA (g por planta). Já a relação a R/PA (g g⁻¹) foi obtida através da razão entre a FSR e FSPA.



Figura 3. Disposição das plantas nas bancadas para determinação do acúmulo de fitomassa seca de caule, folhas e raiz de plantas de maracujazeiro-azedo.

4.8.2 Pigmentos fotossintéticos

Aos 66 DAS foram determinados os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides. As amostras foram coletadas extraíndo discos foliares com área de 1,54 cm² (Figura 4) da terceira folha completamente expandida a partir da gema apical e posteriormente, levadas ao laboratório para análise de acordo com a metodologia de Arnon (1949). Os extratos foram utilizados para a determinação dos teores de clorofilas *a*, *b*, total e carotenoides, em substância composta por 7 ml de acetona diluído a 70%, em seguida, com auxílio de um espectrofotômetro foram feitas as leituras dos pigmentos fotossintéticos nos comprimentos de onda de absorbância de 470, 647 e 663 nm, respectivamente. Os cálculos dos teores de pigmentos foram determinados a partir das Equações 4, 5, 6 e 7.

$$Cl\ a = (12,21 \times ABS_{663}) - (2,81 \times ABS_{647}) \dots\dots\dots(4)$$

$$Cl\ b = (20,13 \times ABS_{647}) - (5,03 \times ABS_{663}) \dots\dots\dots(5)$$

$$Cl\ t = (7,15 \times ABS_{663}) + (18,71 \times ABS_{647}) \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Car} = [(1000 \times \text{ABS}_{470}) - (1,82 \times \text{Cl } a) - (85,02 \times \text{Cl } b)/198] \dots\dots\dots (7)$$

Em que:

Cl *a* - clorofila *a* (mg g⁻¹ MF);

Cl *b* - clorofila *b* (mg g⁻¹ MF);

Cl *t* - clorofila total (mg g⁻¹ MF);

Car – carotenoides (mg g⁻¹ MF).

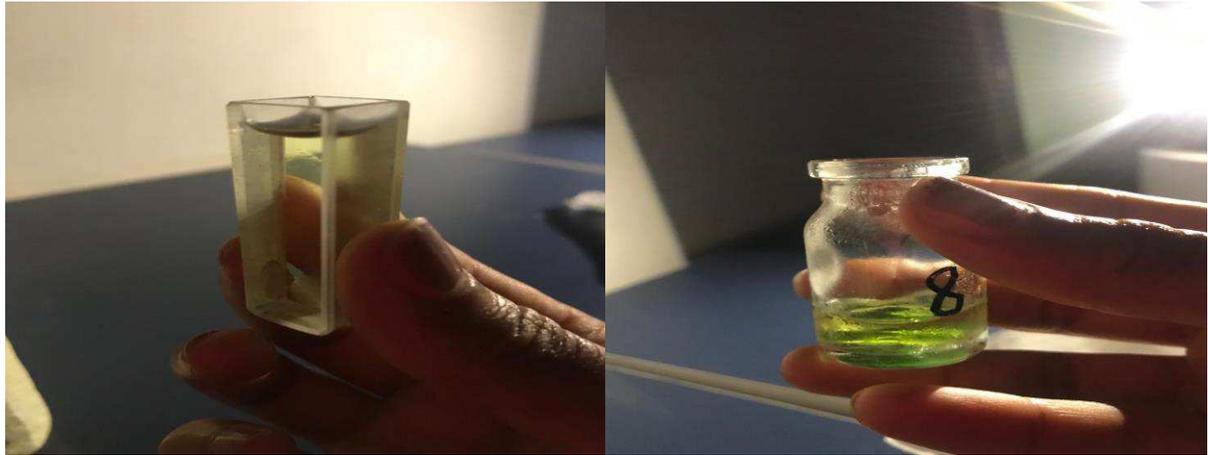


Figura 4. Extratos dos discos foliares nas cubetas após as leituras dos pigmentos fotossintéticos em espectrofotômetro.

4.8.3 Conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos

Aos 66 DAS foi determinado o conteúdo relativo de água (CRA), para tanto, foram retiradas 5 discos foliares coletados de folhas localizadas no terço superior da planta com amostras de cada uma das plantas, determinou-se a massa fresca (MF). Imediatamente, os discos foliares foram pesados, evitando perdas de umidade, obtendo-se os valores de massa fresca (MF); em seguida, essas amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 h. Após este período e retirando o excesso de água com papel toalha, obteve-se a massa túrgida (MT) das amostras, as quais foram levadas à estufa (temperatura $\approx 65 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso constante) para obtenção da massa seca (MS) das amostras. A determinação do CRA foi feita de acordo com a metodologia de Weatherley (1950), utilizando-se a Equação 8.

$$\text{CRA} = \frac{(\text{MF} - \text{MS})}{(\text{MT} - \text{MS})} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

Em que:

CRA - conteúdo relativo de água (%);

MF - massa fresca de folha (g);

MT - massa túrgida (g); e

MS - massa seca (g).

O extravasamento de eletrólitos (EE%) no limbo foliar foi mensurado aos 66 DAS. coletados cinco discos foliares da terceira folha completamente expandida e, posteriormente, inseridas (Figura 5) em um Erlenmeyer[®] contendo 50 mL de água destilada fechados com papel alumínio, posteriormente as amostras foram acometidas à temperatura de 25 °C, por 90 min, na qual foi aferido a condutividade elétrica inicial (CEi). Em seguida, as amostras foram submetidas à temperatura de temperatura de 90 °C, por 90 min, em estufa de ventilação forçada (SL100/336, SOLAB[®]), e após resfriamento foi aferido a condutividade elétrica final (CEf) com um condutivímetro (MB11, MS Techonopon[®]). Para determinação do extravasamento de eletrólitos (EE%) foi utilizada a metodologia de Scotti-Campos et al. (2013), de acordo com a Eq. 9:

$$\% EE = \frac{CEi}{CEf} \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

Em que:

% EE - extravasamento de eletrólitos (%);

CEi - condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹); e

CEf - condutividade elétrica final (dS m⁻¹).



Figura 5. Obtenção dos discos foliares para determinação do conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo.

4.7.4 Trocas gasosas

As trocas gasosas foram mensuradas aos 66 DAS, utilizando-se um medidor de gás infravermelho, portátil LCPro+[™] da ADC BioScientific Ltda (IRGA), na terceira folha

completamente expandida contada a partir da gema apical (Figura 6). Determinou-se a taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A partir destes dados avaliou-se a eficiência instantânea 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 eficiência instantânea da carboxilação - $EiCi$ [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. As medições foram realizadas às 7 h sob condições naturais de temperatura e concentração de CO_2 , utilizando fonte de radiação artificial de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.



Figura 6. Determinação das trocas gasosas e inserção das pinças para avaliação da fluorescência em plantas de maracujazeiro-azedo utilizando-se um medidor de gás infravermelho.

4.8.5 Fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila foi avaliada aos 66 DAS através da fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), e rendimento quântico potencial do PSII (F_v/F_m) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 min, entre às 7 e 10 h, na terceira folha completamente expandida contada a partir da gema apical de modo a garantir que todos os aceptores primeiros estivessem oxidados, ou seja, os centros de reação abertos, utilizando-se fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science.

4.8.6 Qualidade das mudas de maracujazeiro-azedo

A qualidade das mudas foi avaliada através do Índice e qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960) utilizando-se os dados de altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), fitomassa seca total (FST), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e fitomassa seca de raiz (FSR), de acordo com a Equação 10.

$$IQD = \frac{(FST)}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad \text{Eq. 10}$$

Em que:

IQD - índice de qualidade de Dickson;

AP - altura de plantas (cm);

DC - diâmetro do caule (mm);

FST - fitomassa seca total de planta (g por planta);

FSPA - fitomassa seca da parte aérea de planta (g por planta); e

FSR - fitomassa seca de raiz de planta (g por planta)

4.8.7 Tolerância das mudas de maracujazeiro-azedo ao estresse salino

A tolerância do maracujazeiro-azedo ao estresse salino na fase de formação de mudas foi determinada com base no acúmulo relativo de fitomassa seca total por planta, utilizando o modelo platô com decréscimo linear de Maas & 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).

4.9 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, e quando significativos, foi feita análise de regressão polinomial linear e quadrática através software estatístico SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2019). Quando houve efeito significativo da interação elaborou-se gráficos de superfície de resposta utilizando-se o software SigmaPlot versão 12.5.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

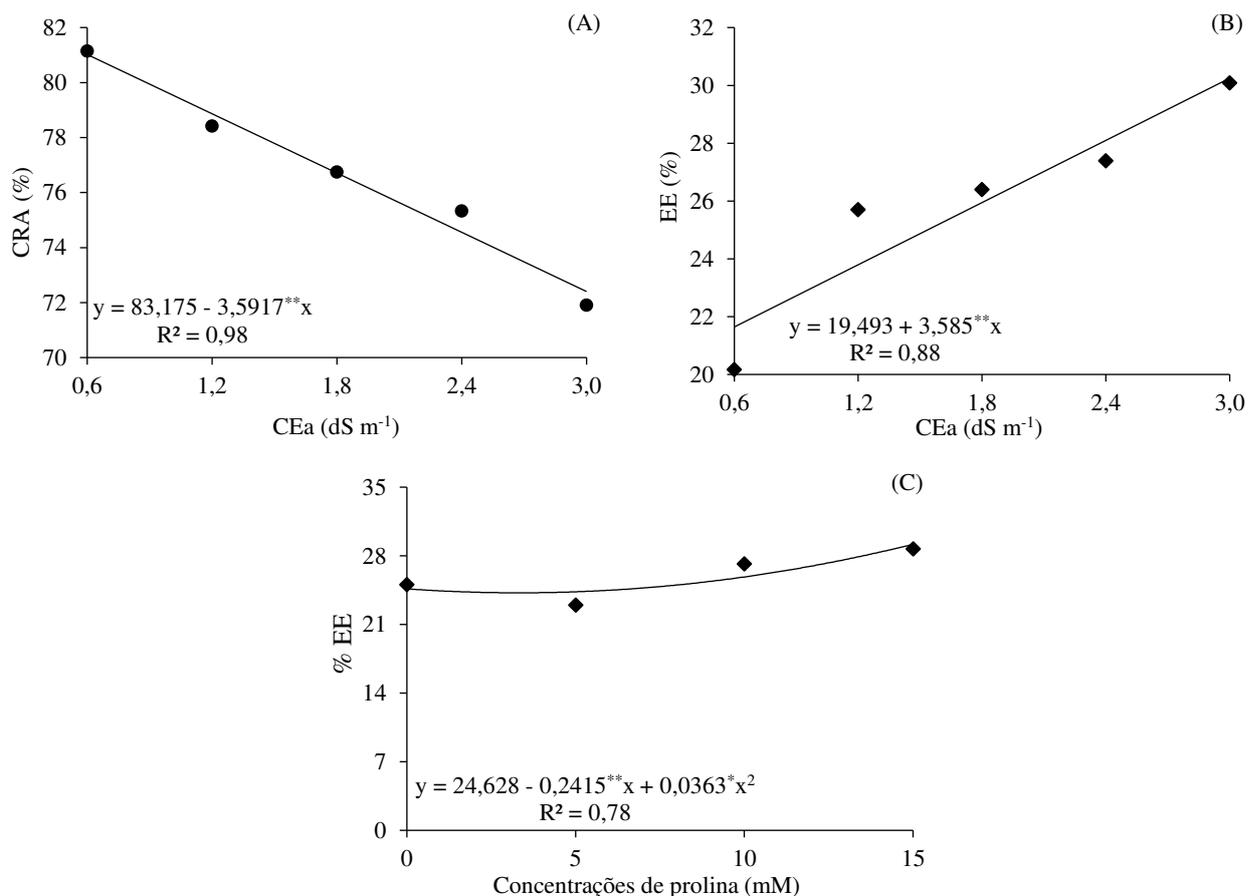
De acordo com o resumo da análise de variância para o conteúdo relativo de água (CRA) e extravasamento de eletrólitos (% EE) de plantas de maracujazeiro-azedo (Tabela 2), constatou-se a ocorrência de efeito isolados para a salinidade da água de irrigação, já para as concentrações de prolina houve efeito significativo apenas para variável de porcentagem de extravasamento de eletrólitos (%EE). Contudo, não houve efeito significativo da interação entre os fatores (NS × PRO) sobre nenhuma das variáveis mensuradas do maracujazeiro-azedo aos 66 dias após a semeadura.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA) e extravasamento de eletrólitos (% EE) no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		CRA	%EE
Níveis salinos (NS)	4	190,07**	212,16**
Regressão linear	1	743,34**	740,33**
Regressão quadrática	1	1,48 ^{ns}	39,00 ^{ns}
Concentrações de prolina (PRO)	3	39,05 ^{ns}	125,69**
Regressão linear	1	13,00 ^{ns}	229,37**
Regressão quadrática	1	89,37*	66,17*
Interação (NS × PRO)	12	5,58 ^{ns}	23,28 ^{ns}
Resíduo	60	10,21	12,80
CV (%)		4,17	13,76

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

A salinidade da água reduziu linearmente o conteúdo relativo de água (CRA) no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 7A), com decréscimos de 4,31% por incremento unitário da CEa. Ao comparar a CRA das plantas submetidas à salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ em relação as que receberam o menor nível salino (0,6 dS m⁻¹), observa-se diminuição de 10,63%. A ocorrência dessa redução no CRA é oriunda da perda de turgescência dos tecidos vegetais, uma vez que a salinidade promove o estresse osmótico, o que dificulta a absorção e translocação de água do solo para a planta, afetando o crescimento e o metabolismo vegetal (SKIDER et al., 2020). Além disso, o baixo conteúdo de água nos tecidos da planta induz ao fechamento estomático, como mecanismo de defesa da planta à perda de água por transpiração, afetando processos fisiológicos, como a condutância estomática, concentração interna de CO₂ e fotossíntese (FIGUEIREDO et al., 2019). Silva Neta et al. (2020) em pesquisa com o maracujazeiro-azedo ‘BRS Rubi do Cerrado’ sob salinidade da água (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹), também verificaram que o incremento nos níveis salinos da água reduziu o conteúdo relativo de água no limbo foliar das plantas, sendo o decréscimo de 2,91% por aumento unitário da CEa.



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

Figura 7. Conteúdo relativo de água – CRA no limbo foliar (A) e extravasamento de eletrólitos – % EE (B e C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Diferentemente da CRA (Figura 7A), o incremento nos níveis salinos da água elevou o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 7B), cujo acréscimo foi de 18,39% por aumento unitário da CEa. Ao comparar o % EE das plantas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ em relação às cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹, nota-se incremento de 39,75%. Esse efeito pode ser considerado crítico, indicando que o acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ no solo promove alterações e compromete a integridade da membrana plasmática (ZAHEDI et al., 2023). Além disso, a toxicidade iônica desencadeia o desbalanceamento nutricional, podendo resultar em deficiência de Ca⁺ afetando a formação da parede celular, resultando no aumento de vazamento de eletrólitos, como observado por Wanderley et al. (2020) em maracujazeiro amarelo submetidos à irrigação com água salina e adubação nitrogenada, em que a CEa de 3,1 dS m⁻¹, resultou no incremento de 24,65% no conteúdo de extravasamento de eletrólitos quando comparado ao nível salino de 0,3 dS m⁻¹.

A aplicação de prolina também resultou em aumento no extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (Figura 7C), sendo o valor máximo (29,17%) obtido nas plantas de maracujazeiro-azedo submetidas à concentração de 15 mM de prolina. Em termos relativos, verifica-se incremento de 18,45% na %EE das plantas submetidas a 0 mM em relação as que receberam a concentração de 15 mM de prolina. O aumento das concentrações de prolina pode ter afetado a permeabilidade da parede celular, induzindo o aumento do extravasamento de eletrólitos. Segundo Cacefo et al. (2021), a determinação da concentração ideal de prolina é essencial, uma vez que a aplicação de quantidade acima pode promover ou acentuar a toxicidade, especialmente quando as plantas são submetidas a condições de estresse.

Houve efeito significativo dos níveis salinos e das concentrações de prolina sobre todas as variáveis de trocas gasosas do maracujazeiro-azedo mensuradas aos 66 dias após a semeadura (Tabela 3). Já a interação entre os fatores (NS × PRO) influenciou de forma significativa apenas a concentração intercelular de CO₂ (*Ci*) das plantas de maracujazeiro-azedo.

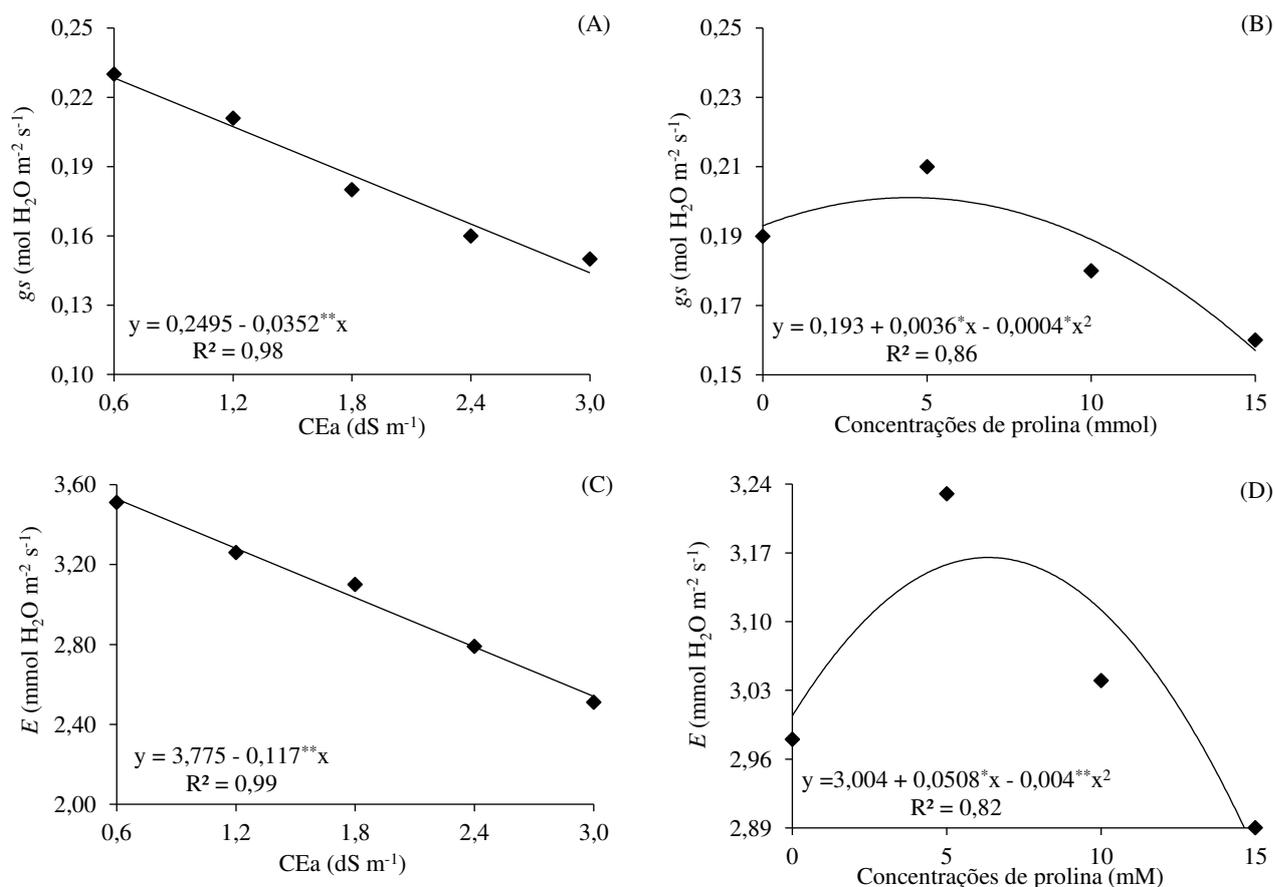
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração intercelular de CO₂ (*Ci*) e taxa de assimilação de CO₂ (*A*), eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) e eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>A</i>	<i>EiCi</i>	<i>EiUA</i>
Níveis salinos (NS)	4	0,016**	2,44**	25962,56**	38,07**	0,0176**	1,54**
Regressão linear	1	0,065**	9,69**	100851,80**	150,75**	0,068**	4,97**
Regressão quadrática	1	0,001 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1395,00*	0,18 ^{ns}	0,0013**	0,65 ^{ns}
Concentrações de prolina (PRO)	3	0,008*	0,42**	2002,61**	87,14**	0,0026**	5,16**
Regressão linear	1	0,014*	0,22*	5602,52**	16,46*	0,000013 ^{ns}	5,67**
Regressão quadrática	1	0,007*	0,80**	357,01 ^{ns}	199,39**	0,0063**	7,98**
Interação (NS × PRO)	12	0,0003 ^{ns}	0,009 ^{ns}	1268,23**	0,82 ^{ns}	0,000082 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Resíduo	60	0,001	0,045	170,67	2,09	0,000182	0,33
CV (%)		21,03	7,01	7,36	7,95	12,34	9,57

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

A condutância estomática das plantas de maracujazeiro-azedo foi reduzida linearmente com a elevação dos níveis de salinidade da água (Figura 8A), sendo o decréscimo de 14,10% por incremento unitário da CEa. Nota-se ao comparar a *gs* das plantas submetidas ao maior nível salino da água em relação as cultivadas sob salinidade da água de 0,6 dS m⁻¹, declínio de 36,99% (0,084 mol H₂O m⁻² s⁻¹). Ao ser submetida ao estresse salino, as plantas tendem a

promover o fechamento estomático, visando diminuir a perda de água. Essa limitação na g_s como mecanismo de defesa das plantas ao serem submetidas ao estresse salino também foi observado por Silva et al. (2019) ao constatarem em plantas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), redução de 50% dos valores de g_s cultivadas sob CEa de 2,8 dS m⁻¹ em comparação com o menor nível salino (0,7 dS m⁻¹). Em graviola (*Annona squamosa* L.) foi observado decréscimo de 12,32% nos valores de g_s , quando as plantas foram submetidas à CEa de 3,5 dS m⁻¹ comparado com menor nível salino (0,5 dS m⁻¹) (SILVA et al., 2018).



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

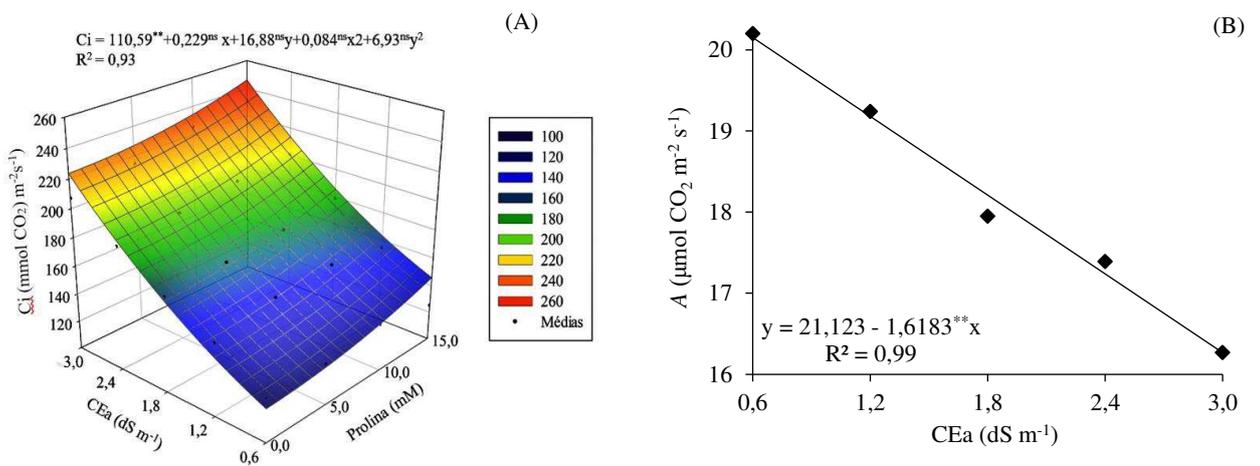
Figura 8. Condutância estomática – g_s (A e B) e transpiração – E (C e D) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

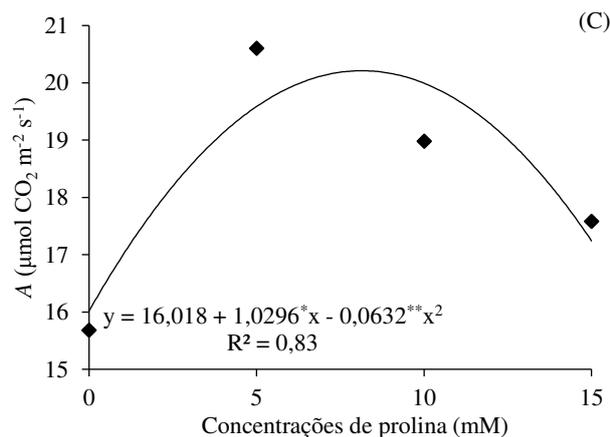
A transpiração (E) também reduziu linearmente com o aumento dos níveis de salinidade da água (Figura 8B), sendo o decréscimo de 3,09% por incremento unitário da CEa. As plantas submetidas à CEa de 3,0 dS m⁻¹ diminuíram a E em 0,280 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (7,57%) em relação as irrigadas com o menor nível de salinidade da água (0,6 dS m⁻¹). Em resposta ao estresse osmótico, oriundo do acúmulo de sais ao redor da zona radicular, as plantas promovem o fechamento dos estômatos, de modo a limitar a perda de água por meio da transpiração (SILVA

et al., 2018). Silva et al. (2019), em estudo avaliando as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo, em função da irrigação com águas salinas (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹), observou-se que a maior transpiração foliar das plantas ocorreu sob uma salinidade da água de 1,4 dS m⁻¹.

A *g_s* e a transpiração do maracujazeiro-azedo foram beneficiadas pela aplicação foliar de prolina, sendo os valores máximos estimados de 0,2011 e 3,165 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente, obtidos nas plantas submetidas às concentrações de 4,5 e 6,4 mM, respectivamente (Figura 8B e 8D). A prolina é um aminoácido que atua em diferentes processos fisiológicos, dentre eles está envolvido diretamente no fechamento estomático, e consequentemente, na regulação da *g_s* e na perda de água por transpiração (EL-MOUKHTARI et al., 2020). A ocorrência desse efeito foi observada em *Physalis peruviana* L., em que a aplicação foliar de 20 mM de prolina promoveu melhorias na condutância estomática e transpiração das plantas (LEITE et al., 2022).

A aplicação foliar de prolina promoveu aumento sob a variável concentração interna de CO₂ até a concentração de 10 mM (valor máximo de 203,2889 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) nas plantas de maracujazeiro-azedo quando submetidas à CEa de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 9A). A aplicação exógena de prolina aumenta a tolerância da planta ao estresse salino, atua reduzindo a toxicidade de íons e na expressão de genes envolvidos na homeostase iônica (EL-MOUKHTARI et al., 2020). Além disso, o aumento da concentração de prolina, induz a atividade de enzimas envolvidas no sistema de defesa da planta contra o estresse oxidativo desencadeado pelo acúmulo das EROS, melhorando os processos fisiológicos (TABSSUM et al., 2019).





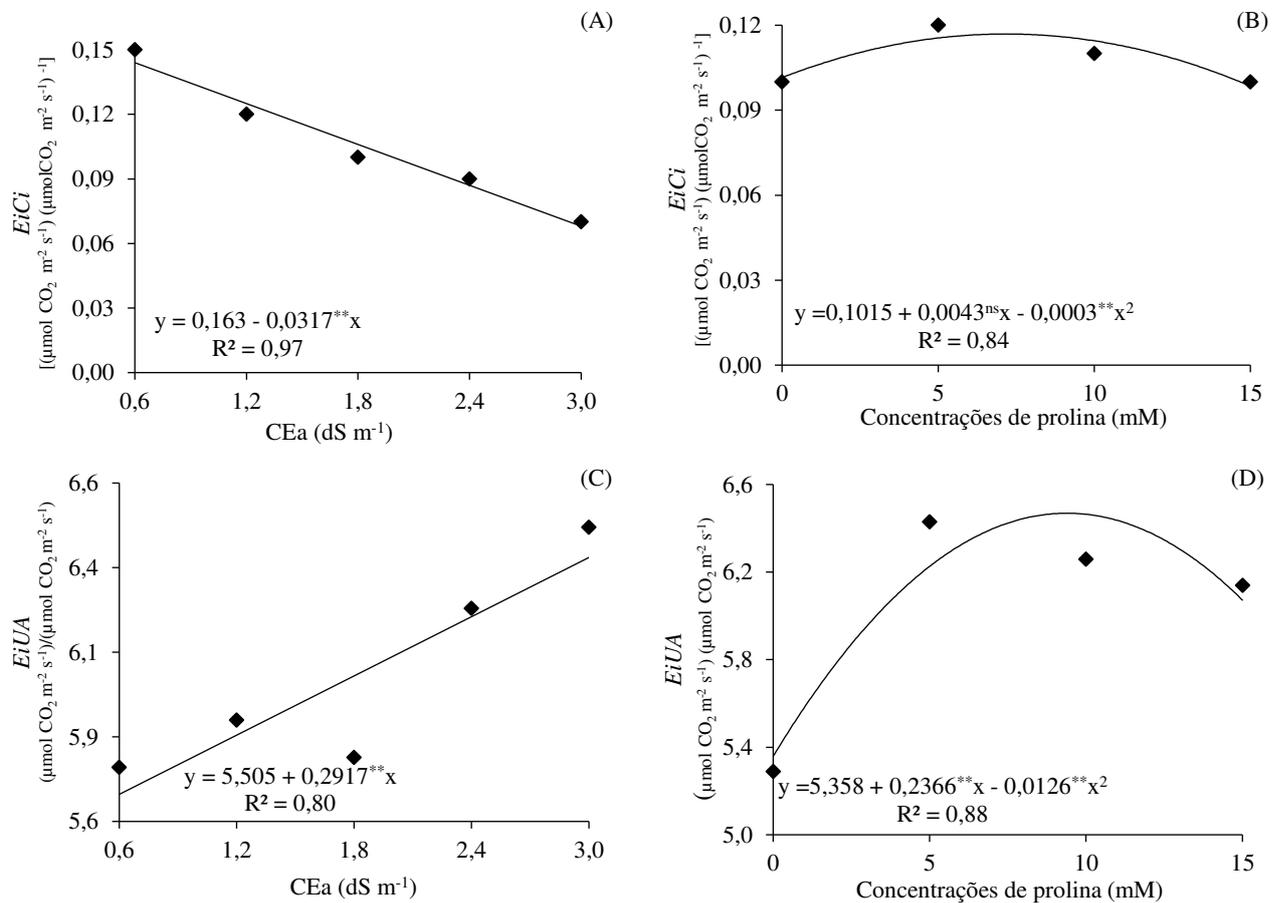
^{ns}, *, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e em $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; X e Y - Condutividade elétrica da água- CEa e concentração de prolina, respectivamente

Figura 9. Concentração intercelular de CO₂ - *C_i* (A) e taxa de assimilação de CO₂ - A (B e C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

A salinidade também afetou negativamente a taxa de assimilação de CO₂ das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 9B), cujo decréscimo foi de 7,66% por incremento unitário da CEa. Ao comparar a taxa de assimilação de CO₂ das plantas cultivadas sob CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as irrigadas com 0,6 dS m⁻¹, verifica-se diminuição de 19,27% (3,88 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹). A redução na taxa de assimilação de CO₂ está associado ao declínio observado na *g_s* e transpiração, uma vez que o fechamento dos estômatos limita a capacidade de absorção de CO₂ e o consumo na câmara subestomática, comprometendo a fotossíntese (LACERDA et al., 2022). A alta salinidade desencadeia a ocorrência de efeito em cascata, ocasionando o estresse osmótico que limitam a absorção de água; o iônico que causa a toxicidade e o desbalanceamento nutricional; e o oxidativo a partir do excesso de espécies reativas de oxigênio (ROS) acumuladas, promovendo a desnaturação de proteínas e de enzimas envolvidas no processo fotossintético (ARIF et al., 2020).

A aplicação foliar de prolina promoveu incremento na taxa de assimilação de CO₂, ocorrendo o valor máximo de 20,211 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ nas plantas submetidas à concentração de 8,15 mM, seguido de decréscimos a partir desta concentração (Figura 9C). A prolina é um aminoácido que atua como osmoprotetor e na sinalização hormonal, envolvido no comportamento fisiológico da planta, capaz de manter a turgência celular sob condições de estresse, aumentando a capacidade de assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, a fotossíntese (KALHID et al., 2022).

A eficiência instantânea de carboxilação das plantas de maracujazeiro-azedo (*EiCi*) foi reduzida com a elevação da salinidade da água de irrigação, sendo o decréscimo de 19,44% por incremento unitário (Figura 10A). Comparando-se a *EiCi* das plantas submetidas à CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹, constata-se redução de 52,84%. Essa diminuição está diretamente associada à diminuição na taxa de assimilação de CO₂ promovida pelo estresse salino, limitando a concentração interna de CO₂ na câmara subestomática e a eficiência instantânea de carboxilação, fato observado por Lima et al. (2019) ao constatarem redução de 75,8% em plantas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) submetidas à CEa de 4,5 dS m⁻¹. Silva et al. (2019) constataram decréscimos de 43% na *EiCi* em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*) quando irrigadas com água de CEa de 2,8 dS m⁻¹.



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

Figura 10. Eficiência instantânea de carboxilação – *EiCi* (A e B) e eficiência instantânea no uso da água - *EiUA* (C e D) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

A aplicação foliar de prolina estimulou a *EiCi* e *EiUA* até a concentração de 7,2 e 9,4 mM com valores máximos de 0,1169 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)/(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)] e 6,4687 [(μmol

CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmolCO₂ m⁻² s⁻¹)⁻¹] respectivamente, representando incrementos de 13,2 e 17,2% em relação às plantas do tratamento controle (Figura 10B e 10D). Esse efeito está associado a prolina exercer melhorias na *g_s* e na *A*, mediando uma melhor regulação na abertura estomática, proporcionando maior assimilação de CO₂ e no conteúdo de água nos tecidos (SEMIDA et al., 2020).

A eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) aumentou nas plantas submetidas à salinidade crescente da água de irrigação, sendo o acréscimo de 5,29% por incremento unitário da CEa (Figura 10C). Ao comparar a *EiUA* das plantas submetidas à CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as que receberam água de 0,6 dS m⁻¹, verifica-se incremento de 12,32%. Em alguns casos, a planta ao ser submetida à deficiência hídrica imposta pelo estresse osmótico oriundo da salinidade, desenvolve adaptações morfológicas, reduzindo a área foliar e a perda de água por evapotranspiração, proporcionando uma maior eficiência do uso da água pela planta (RAMEZANIFAR et al., 2021). Tal situação também foi notada em pesquisa com mudas de pinheira (*Annona Squamosa* L.) submetidas a salinidade crescente da água de irrigação e adubação nitrogenada, constatando aumento de 10,42% nas plantas irrigadas com CEa de 5,0 dS m⁻¹ (correspondente a 2,49 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) / (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)] quando comparado a plantas irrigadas com menor condutividade (0,5 dS m⁻¹) (FÁTIMA et al., 2022). Figueiredo et al. (2020) também constataram incremento de 59,7% na *EiUA* de plantas de maracujazeiro amarelo submetidas à CEa de 3,80 dS m⁻¹, comparado ao menor nível de salinidade da água (0,5 dS m⁻¹).

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos níveis salinos da água e das concentrações de prolina sobre os teores de clorofila *a* (*Cl a*), *b* (*Cl b*), total (*Cl t*) e carotenoides (*Car*) de plantas de maracujazeiro-azedo, aos 66 dias após a semeadura. A interação entre os fatores influenciou de forma significativa ($p \leq 0,01$) apenas os teores de carotenoides das plantas de maracujazeiro-azedo (Tabela 4).

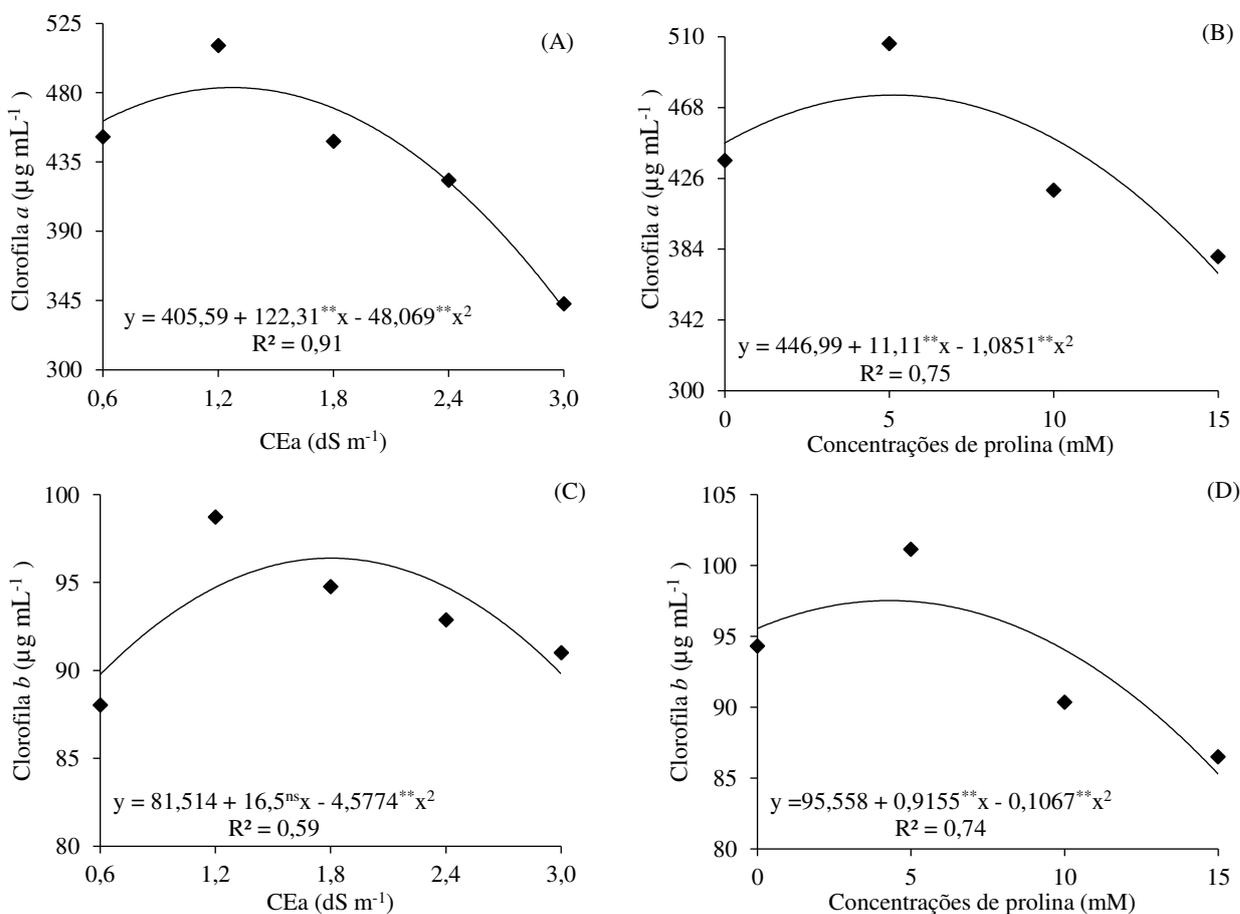
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila *a* (*Cl a*), *b* (*Cl b*), total (*Cl t*) e carotenoides (*Car*) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		<i>Cl a</i>	<i>Cl b</i>	<i>Cl t</i>	<i>Car</i>
Níveis salinos (NS)	4	59195,24**	258,14**	63913,38**	13574,47**
Regressão linear	1	148309,16**	0,03 ^{ns}	148169,75**	52483,14**
Regressão quadrática	1	67071,06**	607,43**	80445,78**	1214,62**
Concentrações de prolina (PRO)	3	55681,97**	781,00**	69543,35**	292,49**
Regressão linear	1	66642,19**	1172,61**	85488,69**	452,32**

Regressão quadrática	1	58887,83**	567,91**	71021,14**	325,46**
Interação (NS × PRO)	12	1077,71 ^{ns}	28,91 ^{ns}	932,44 ^{ns}	13,48**
Resíduo	60	422,36	30,54	514,65	5,17
CV (%)		4,72	5,94	4,29	1,36

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

Para o conteúdo da clorofila *a* (Cl *a*), constata-se que houve aumento até a CEa de 1,3 dS m⁻¹, apresentando o valor de 483,35 µg mL⁻¹, seguido de decréscimos com a elevação da salinidade da água de irrigação e obtendo o valor mínimo estimado de 339,89 µg mL⁻¹ (Figura 11A). A ocorrência desse aumento pode estar associada a capacidade de ajustamento osmótico de maracujazeiro-azedo a salinidade, conseguindo tolerar até 1,3 dS m⁻¹. No entanto, destaca-se que o aumento da CEa até 3,0 dS m⁻¹ proporciona perdas de 29,7%, indicando que o estresse salino promoveu danos na síntese de clorofila. Geralmente, o elevado teor de sais contido na água inibe a atividade do ácido 5-aminolevulínico, o qual é precursor da clorofila, além de aumentar a atividade da enzima clorofilase que atua degradando as moléculas do pigmento, resultando em danos aos cloroplastos e limitando a atividade das proteínas de pigmentação (CAVALCANTE et al., 2011).



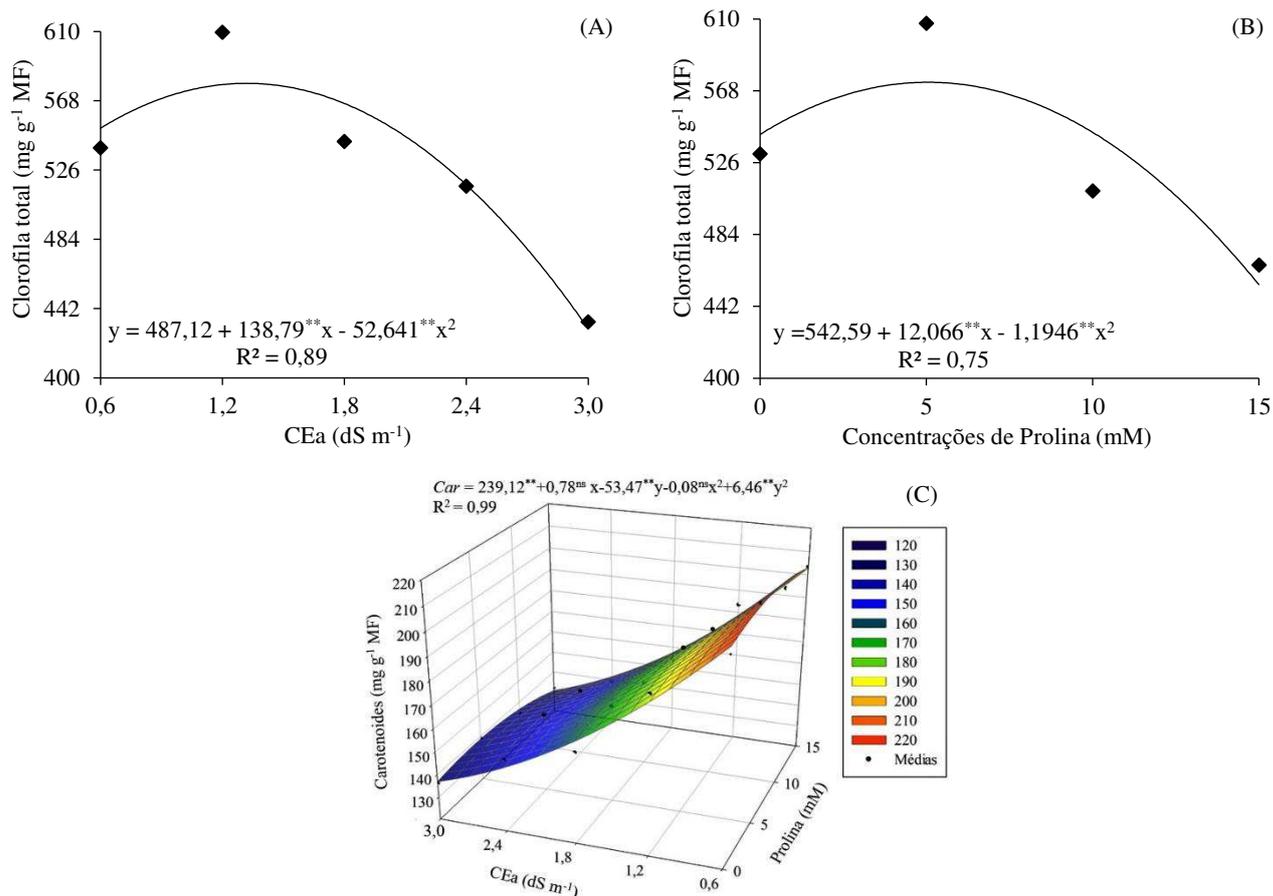
^{ns}, *, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e em $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

Figura 11. Teores de clorofila *a* – Cl *a* (A e B) e de clorofila *b* – Cl *b* (C e D) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina aos 66 dias após o semeio (DAS).

O conteúdo de clorofila *b* (Cl *b*) foi estimulado pela salinidade da água de irrigação, ocorrendo aumentos até a CEa de 1,8 dS m⁻¹ com 96,38 µg mL⁻¹, seguido de decréscimos à medida que se elevou a salinidade (Figura 11C). Comportamento semelhante ao conteúdo da Cl *a*, em que o aumento da CEa até 3,0 dS m⁻¹ proporcionou decréscimos de 6,8% nos teores da Cl *b*. Em pesquisa desenvolvida por Lima et al. (2021) foi verificado que a salinidade de 2,8 dS m⁻¹, acarretou redução de 77% no conteúdo de Cl *b* em maracujazeiro-azedo. Já Andrade et al. (2022) constataram que a salinidade de 2,8 dS m⁻¹ proporcionou aumento nos teores de Cl *b* em maracujazeiro amarelo.

A prolina proporcionou incremento nos teores de Cl *a* e Cl *b*, sendo observado os maiores valores máximos estimados de 475,42 e 97,52 µg mL⁻¹ respectivamente, nas plantas submetidas às concentrações de 5,1 e 4,3 mM (Figura 11B e 11C). A prolina é um antioxidante que atua interagindo com diversas enzimas, preservando e auxiliando a atividade de proteínas, podendo estar envolvida na regulação de genes que atuam na biossíntese da clorofila (EL-BETALGI, MOHAMED e SOFY, 2020), o que pode explicar o efeito benéfico nos teores de clorofila *a* e *b* obtidos neste trabalho.

A síntese de clorofila total (Cl *t*) foi estimulada pela salinidade da água de irrigação, sendo constatado o valor máximo estimado nas plantas submetidas à CEa de 1,2 dS m⁻¹ (573,05 µg mL⁻¹), seguido de decréscimos a partir deste nível de condutividade elétrica da água (Figura 12A). A ocorrência desse efeito está associada a capacidade da planta em adaptar-se ao estresse salino, conseguindo realizar uma rápida síntese de clorofila de modo a permitir que a captação e dissipação de energia luminosa, fato observado por Fátima et al. (2022) em *Annona squamosa* L.



** - Significativo em $p \leq 0,01$ pelo teste F; X e Y - Condutividade elétrica da água- CEa e concentração de prolina, respectivamente

Figura 12. Teores de clorofila Total – Cl T (A e B) e de carotenoides (C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água – CEa e das concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Assim como constatado nos teores de clorofila *a* e *b* (Figura 12B e 12C), a aplicação foliar de prolina proporcionou aumento nos teores da clorofila total, sendo registrado o maior valor na concentração de 1,3 mM com 578,58 mg g⁻¹ MF (Figura 12B). Esse aumento nos teores de clorofila observados nas plantas de maracujazeiro-azedo, ocorre em função da prolina reduzir a atividade da enzima clorofilase que atua na degradação dos pigmentos fotossintéticos (BUTT et al., 2020).

Para os teores de carotenoides, constatou-se que a aplicação de prolina reduziu o efeito da salinidade, promovendo o maior incremento (mg g⁻¹ MF) nas plantas submetidas à CEa de 0,6 dS m⁻¹ e na concentração de 2,9 mM de prolina (Figura 12C). Esse efeito pode ser atribuído as funções da prolina na indução da biossíntese de pigmentos fotossintéticos, além de atuar reduzindo os efeitos degradativos do estresse salino em função do aumento de antioxidantes envolvidos na proteção contra os danos oxidativos, proporcionando a estabilização na

membrana do cloroplasto e na preservação dos fotossistemas (EL-SHAWA, RASHWAN e ABDELAAL, 2020).

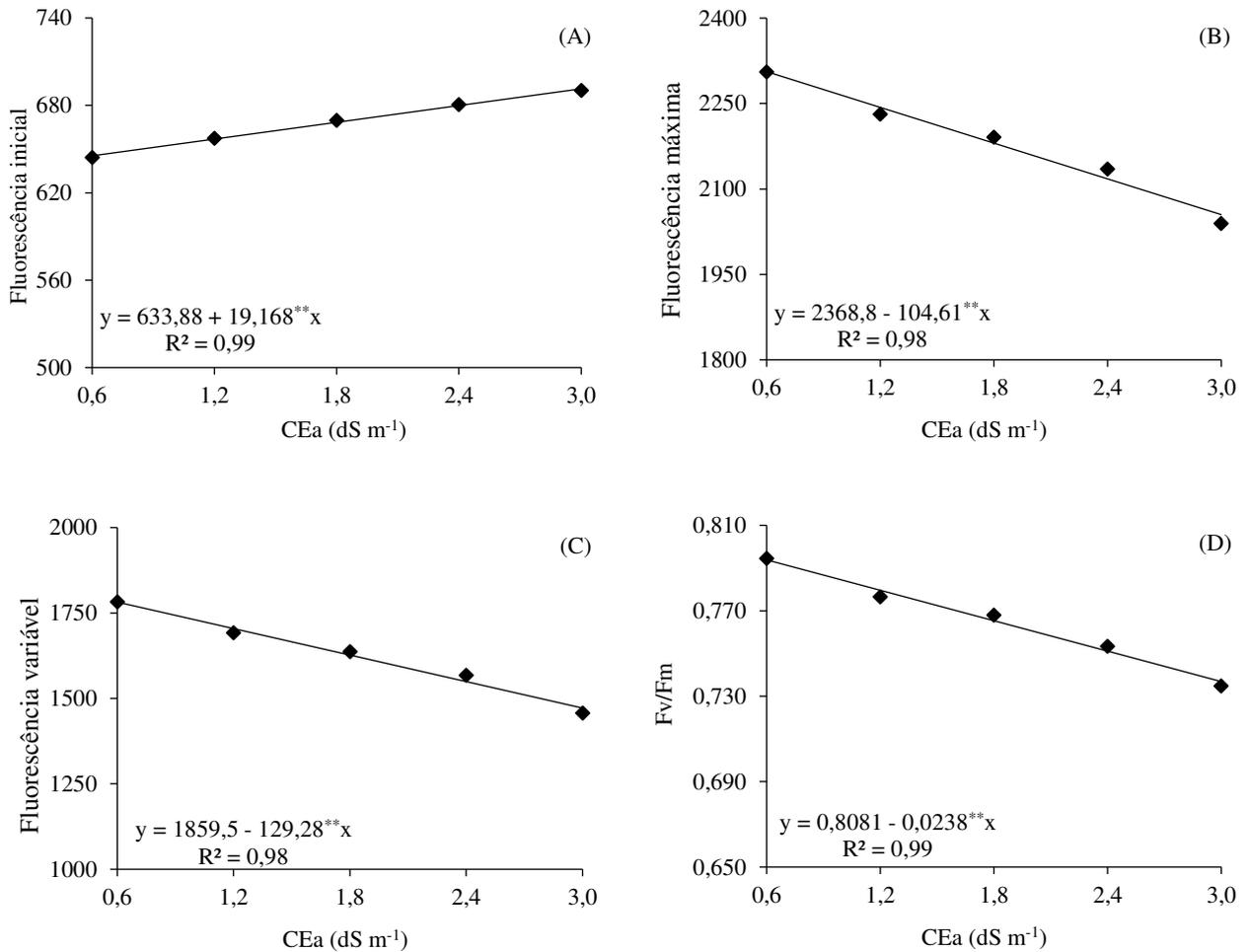
Conforme observado na análise de variância (Tabela 5), todas as variáveis de fluorescência foram influenciadas de forma significativa pelos níveis de salinidade da água de irrigação. Contudo, as concentrações de prolina e a interação entre os fatores (NS × PRO) não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas do maracujazeiro-azedo, aos 66 dias após a semeadura.

Tabela 5. Resumo da análise de variância referente a fluorescência inicial (F_0) fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) em plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água e concentrações de prolina, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Níveis salinos (NS)	4	5308,47**	160747,30**	243919,42**	0,0082**
Regressão linear	1	21160,69**	630276,09**	962653,01**	0,0324**
Regressão quadrática	1	73,11 ^{ns}	3922,35 ^{ns}	3291,35 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Concentrações de prolina (PRO)	3	105,16 ^{ns}	8867,49 ^{ns}	9116,02 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Regressão linear	1	29,16 ^{ns}	14941,27 ^{ns}	17973,42 ^{ns}	5,24e ^{-4ns}
Regressão quadrática	1	168,22 ^{ns}	7808,95 ^{ns}	6408,20 ^{ns}	1,0e ^{-7ns}
Interação (NS × PRO)	12	76,45 ^{ns}	5017,71 ^{ns}	6002,38 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo	12	123,81	24746,36	27300,58	0,00046
CV (%)		1,66	7,21	10,16	2,82

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

A fluorescência inicial (F_0) foi elevada com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 13A), com acréscimo de 3,02% por incremento unitário da CEa. Comparando-se a F_0 das plantas cultivadas sob CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação às irrigadas com água de 0,6 dS m⁻¹, constata-se aumento de 7,12%. Por se tratar do ponto inicial para o funcionamento do fotossistema, aumento na F_0 resulta no menor aproveitamento da energia fotoquímica nos centros de reação do fotossistema II, servindo assim como sinalizador dos efeitos do estresse salino (KALAJI et al., 2018). Diferentemente dos resultados obtidos no presente estudo, Diniz et al (2021), que ao estudarem o efeito da irrigação com águas salinas de até 3,1 dS m⁻¹ no maracujazeiro gigante amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener), apresentou redução na F_0 a partir da CEa de 1,1 dS m⁻¹.



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

Figura 13. Fluorescência inicial – F₀ (A), fluorescência máxima – F_m (B), fluorescência variável – F_v (C) e rendimento quântico do fotossistema II – F_v/F_m (D) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água -CEa, aos 66 dias após o semeio (DAS).

Diferentemente da F₀ (Figura 13A), o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a fluorescência máxima (F_m) do maracujazeiro-azedo (Figura 13B), com decréscimos de 4,41% por incremento unitário da CEa, ou seja, redução de 10,88% (251,06) entre as plantas irrigadas com água de 3,0 e 0,6 dS m⁻¹. Efeito que reflete o desaceleramento da atividade fotossintética, reduzindo a captação de energia para evitar excitação excessiva de elétrons, os quais são precursores na formação de espécies reativas de oxigênio (MANAA et al., 2019).

A fluorescência variável (F_v) do maracujazeiro-azedo foi afetada negativamente pela salinidade da água de irrigação (Figura 13C), com decréscimo linear na ordem de 6,98% por aumento unitário na CEa, resultando em diminuição de 17,41% na F_v das plantas cultivadas sob irrigação com águas de 3,0 dS m⁻¹ (1472,66) em relação as irrigadas com água de 0,6 dS m⁻¹ (1781,93). Demonstrando assim o menor aproveitamento da energia potencial ativa do PSII,

a qual seria destinada a produção de ATP e NADPH, essenciais ao ciclo de Calvin na etapa bioquímica da fotossíntese (YANG et al., 2022).

Para o rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) do maracujazeiro-azedo (Figura 13D), observa-se diminuição linear de 2,94% por incremento unitário da CEa. Ao comparar a Fv/Fm das plantas submetidas à salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ em relação às irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹, verifica-se redução de 7,19%. Tal situação demonstra a menor atividade da P680 em condições de estresse salino, a qual pode estar associada a atividade da enzima clorofilase, que reduz os teores de clorofila e, conseqüentemente, afeta a captação e o transporte energético entre os centros de reação a plastoquinona livre (ÇIÇEK et al., 2018). Redução linear no rendimento quântico do fotossistema II em plantas de maracujazeiro-azedo em função do estresse salino também foi verificado por Andrade et al. (2022), cujo decréscimo foi de 6,36% por incremento unitário da CEa de 13,98% quando comparado às plantas irrigadas a 0,7 dS m⁻¹ com as irrigadas a 2,8 dS m⁻¹ destacando como indicativo de ocorrência do efeito fotoinibitório causado pelo estresse salino.

Houve efeito significativo (p≤0,01) dos níveis salinos da água e das concentrações de prolina sobre o crescimento em altura de plantas (AP), o diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) das plantas de maracujazeiro-azedo (Tabela 6). Contudo, a interação entre os fatores (NS × PRO) não influenciou de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas, aos 80 dias após a semeadura.

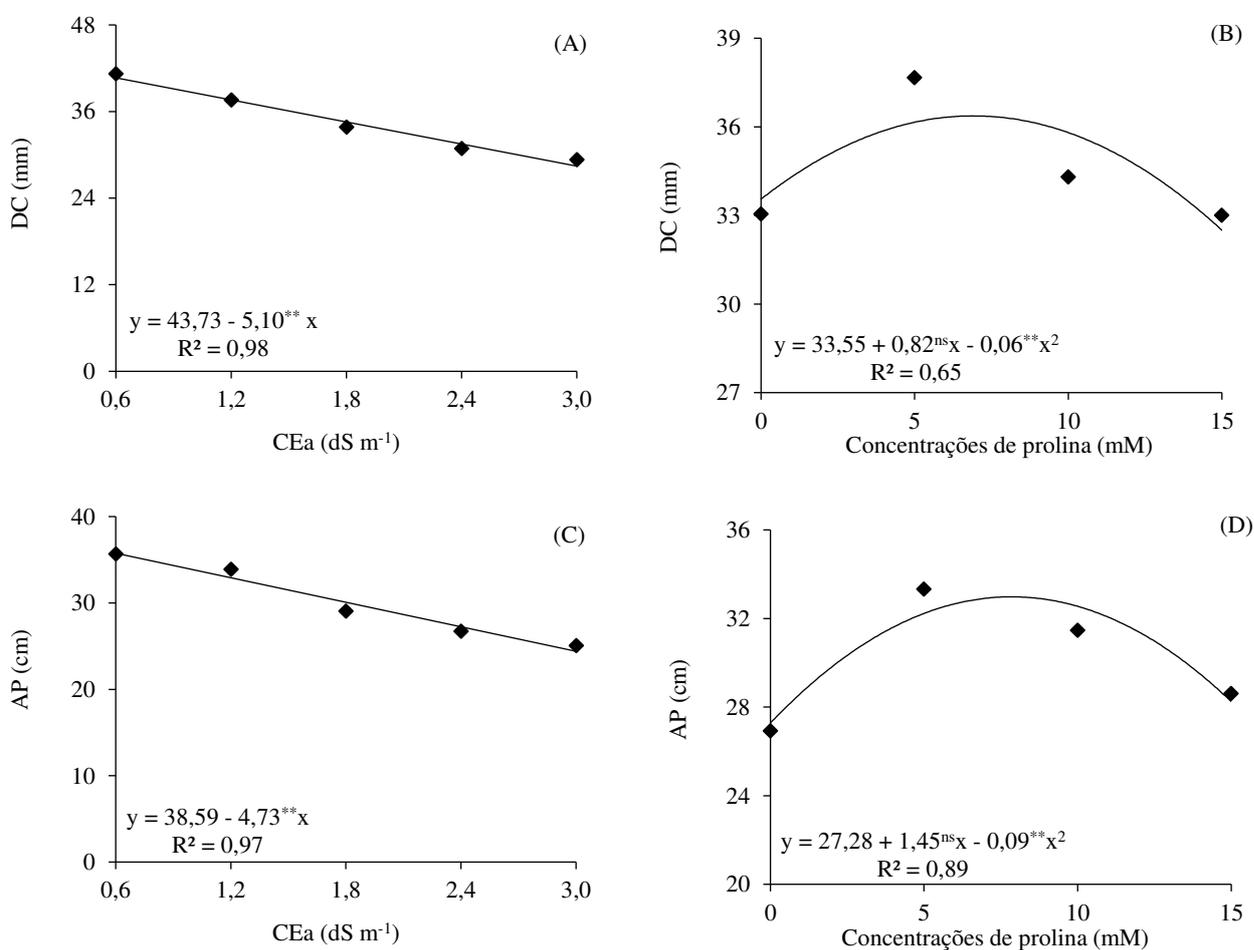
Tabela 6. Resumo da análise de variância referente ao diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e área foliar (AF) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água e concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).

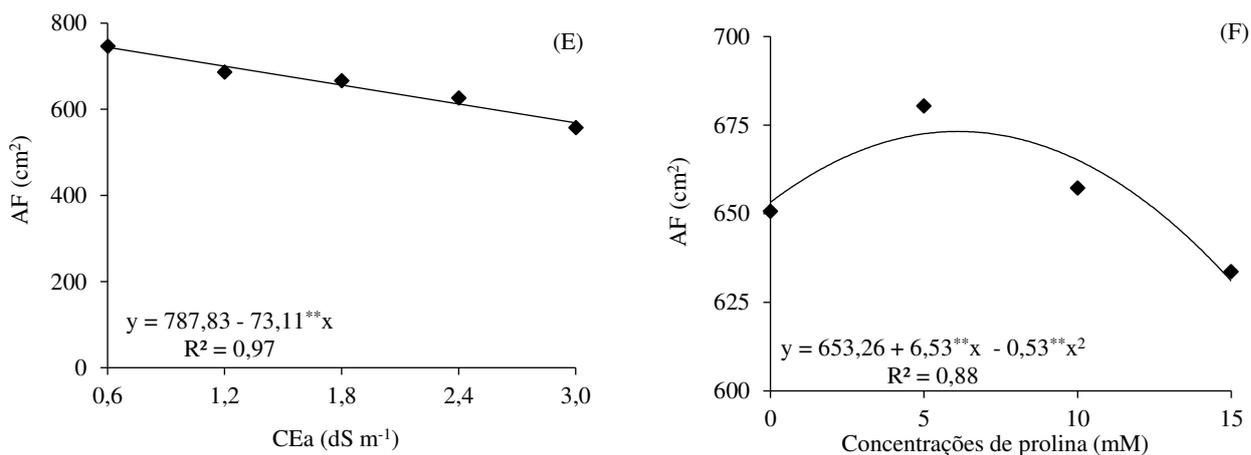
Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		DC	AP	AF
Níveis salinos (NS)	4	382,58**	333,27**	79355,29**
Regressão linear	1	1498,11**	1289,64**	307856,85**
Regressão quadrática	1	28,19 ^{ns}	8,64 ^{ns}	1626,05**
Concentrações de prolina (PRO)	3	89,00**	163,52**	7171,86**
Regressão linear	1	5,63 ^{ns}	10,24 ^{ns}	11049,79**
Regressão quadrática	1	133,70**	427,90**	7380,10**
Interação (NS × PRO)	12	7,88 ^{ns}	6,75 ^{ns}	16,50 ^{ns}
Resíduo	12	14,29	30,98	184,84
CV (%)		10,94	18,51	2,07

GL - grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; (*) significativo a p ≤ 0,05; (**) significativo a p ≤ 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo.

A salinidade da água de irrigação reduziu linearmente o diâmetro de caule das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 14A), com decréscimos de 11,66% que equivale a 5,1 mm por

incremento unitário da CEa. Ao comparar o DC das plantas cultivadas sob CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação às submetidas ao menor nível salino da água (0,6 dS m⁻¹), nota-se redução de 12,24 mm (30,09%). A diminuição no crescimento é reflexo das alterações no potencial total de água no solo em função do aumento na concentração de sais que interfere na absorção de água e nutrientes pelas plantas. Resposta condizente a menor turgescência celular provocada pelo dano osmótico da salinidade, que associada à menor atividade fotossintética das plantas sob estresse salino, resulta na menor expansão celular (ZHAO et al., 2020). Lima et al. (2021) ao avaliarem o crescimento das mudas de maracujazeiro-azedo cv. BRS RC irrigadas com águas (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹), também observaram que o crescimento em diâmetro do caule das plantas foi reduzido acentuadamente com o incremento nos níveis de CEa, aos 60 DAS.





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

Figura 14. Diâmetro de caule – DC (A e B), altura de plantas – AP (C e D) e área foliar (E e F) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa e das concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).

Já a aplicação de prolina proporcionou incremento no diâmetro do caule das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 14B), obtendo-se o valor máximo estimado de 36,55 mm nas plantas cultivadas sob a concentração de 6,83 mM, sendo superior em 8,35% em relação ao DC das que não receberam prolina (0 mM). Esse comportamento está associado a atividade osmoprotetora da prolina, que contribui para absorção da solução solo, mantendo a turgescência e, conseqüentemente, a divisão celular (SHAFI et al., 2019).

A altura de plantas foi reduzida linearmente pela salinidade da água de irrigação (Figura 14C), com decréscimos de 12,25% (24,4 mm) por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos, verifica-se uma diminuição de 36,91% na altura das plantas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ em relação às cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹. A redução no crescimento em altura de plantas também reflete os efeitos osmóticos e iônicos ocasionados pelo excesso de sais e que ocasiona inibição da atividade meristemática como consequência do menor fluxo de fotoassimilados ao crescimento, sendo esse destinado à manutenção de antioxidantes e osmólitos à planta (CHA et al., 2022). Resultados semelhantes também foram observados por Lima et al. (2021) com o maracujazeiro-azedo cv. BRS RC em que constataram decréscimos de 15,75% por incremento unitário da CEa.

A aplicação foliar de prolina também proporcionou incremento no crescimento em altura de plantas do maracujazeiro-azedo (Figura 14B), sendo o valor máximo estimado de 33,12 cm obtido sob aplicação foliar de 8,05 mM. Por outro lado, o valor mínimo estimado de 22,78 cm foi alcançado nas plantas que receberam a concentração de prolina de 0 mM. O aumento no

crescimento das plantas pela aplicação foliar de prolina reflete as melhorias na atividade fotossintética, as quais mantem a integridade metabólica da planta, resultando em elevada atividade meristemática (BAUDUIN et al., 2022).

O aumento da salinidade da água de irrigação resultou em diminuição linear de 9,28% por aumento unitário da CEa (Figura 14E). Nota-se ao comparar a AF das plantas submetidas à salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ em relação as irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹, redução de 23,58% (175,46 cm²). Neste caso, as perdas na área foliar em condições de estresse salino é associado ao processo adaptativo das plantas, com foco em reduzir o fluxo transpiratório e amenizar a captação excessiva de energia na etapa fotoquímica da fotossíntese (ÇIÇEK et al., 2018; KALAJI et al., 2018). Silva et al. (2019) em pesquisa com o maracujazeiro-azedo sob estresse salino (CEa variando de 0,7 a 2,8 dS m⁻¹), observaram redução linear na AF das plantas, cujo decréscimo foi de 13,1% por aumento da CEa. De acordo com estes autores essa redução na área foliar se destaca como mecanismo de adaptação das plantas ao estresse salino, que reduzem a superfície transpirante.

Assim como observado no DC e AP (Figura 14B e 14D), a aplicação foliar de prolina elevou o crescimento em área foliar do maracujazeiro-azedo (Figura 14F), sendo o valor máximo estimado de 673,36 cm² obtido nas plantas submetidas à aplicação foliar de 6 mM, resultando em incremento de 3,07% em relação as que foram cultivadas sem receber prolina (0 mM). Neste caso a prolina mantém área foliar das plantas de maracujazeiro-azedo, provavelmente por a área fotoquímica ter sua eficiência melhorada pela alta concentração de clorofilas, refletindo em ganhos na assimilação de carbono sem a necessidade de grandes expansões da folha (HOSSEINIFARD et al., 2022).

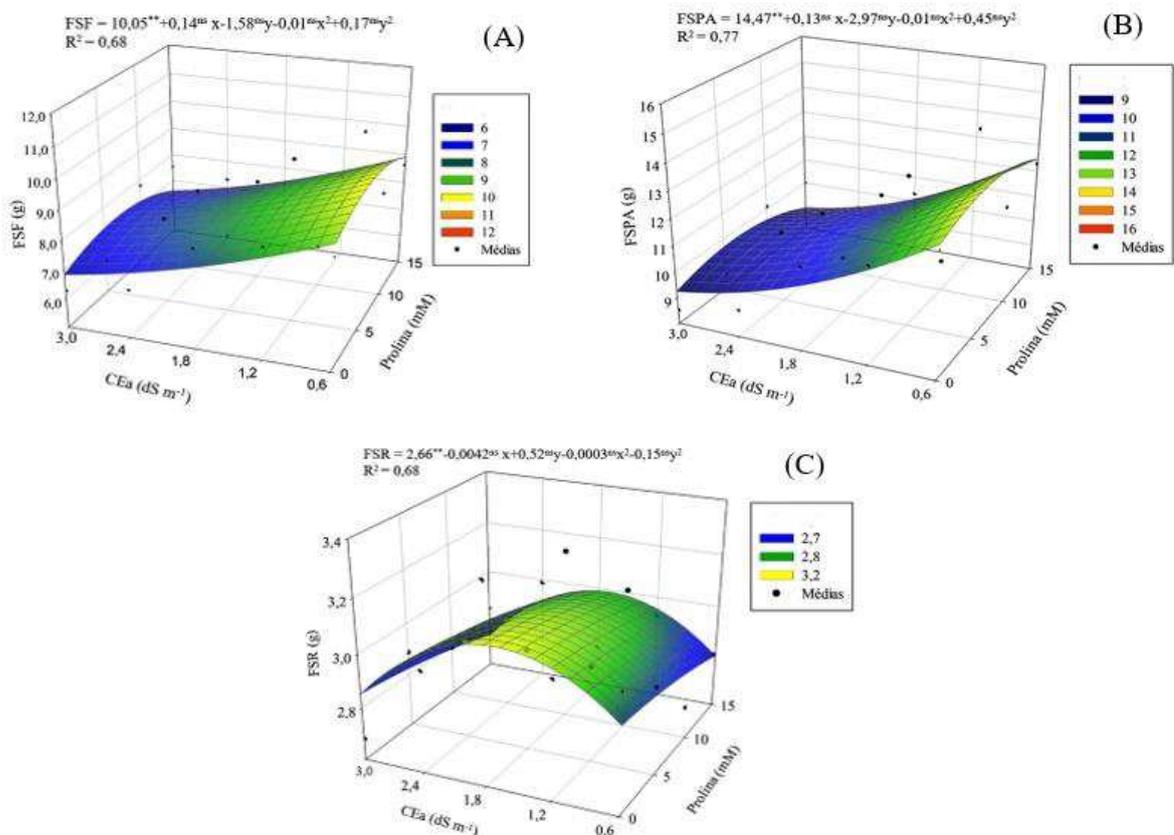
De acordo com o resumo de análise de variância (Tabela 7), houve efeito significativo dos níveis salinos da água sobre a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e parte aérea (FSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA) e o índice de Qualidade de Dickson (IQD) de plantas de maracujazeiro-azedo, aos 80 dias após a semeadura. As concentrações de prolina afetaram de forma significativa a FSF e FSPA. Já a interação entre os fatores (NS × PRO) influenciaram de forma significativa a FSF, FSPA e FSR das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 80 dias após a semeadura.

Tabela 7. Resumo da análise de variância referente a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e parte aérea (FSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA) e índice de Qualidade de Dickson (IQD) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob salinidade da água e concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		FSF	FSC	FSPA	FSR	R/PA	IQD
Níveis salinos (NS)	4	14,07**	4,25**	33,40**	0,19**	0,0232**	0,0522**
Regressão linear	1	54,52**	14,98**	126,61**	0,06 ^{ns}	0,0855**	0,1481**
Regressão quadrática	1	0,99 ^{ns}	1,56*	5,06 ^{ns}	0,70**	0,0044 ^{ns}	0,0598*
Concentrações de prolina (PRO)	3	4,56*	0,30 ^{ns}	6,78*	0,07 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	0,0023 ^{ns}
Regressão linear	1	0,55 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,17*	0,0014 ^{ns}	0,0051 ^{ns}
Regressão quadrática	1	5,47*	0,01 ^{ns}	6,06 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0010 ^{ns}
Interação (NS × PRO)	12	5,17**	0,19 ^{ns}	6,29*	0,08*	0,004 ^{ns}	0,0075 ^{ns}
Resíduo	12	1,02	0,24	1,24	0,098	0,0022	0,0066
CV (%)		12,58	17,50	10,29	10,62	16,78	10,39

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

Para a fitomassa seca de folhas das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 15A), o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,6 para 3,0 dS m⁻¹ resultou em redução de 25,93% (2,38 g por planta) na concentração de 3,18 mM. Por outro lado, a aplicação de prolina, que proporcionou o valor máximo estimado (9,67 g por planta) nas plantas cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ e concentração de 6,80 mM prolina, com incremento de 5,34% (9,6704g) em relação as que não receberam prolina na mesma condição de irrigação. Na maior CEa (3,0 dS m⁻¹), a aplicação de prolina reduziu os efeitos do estresse salino, proporcionando aumento de 7,20% ao se aplicar a concentração de 7,0 mM (7,29 g por planta) em relação às plantas que não receberam aplicação de prolina. Tais respostas corroboram com o processo adaptativo das plantas ao estresse salino, que reduz a fitomassa das folhas para evitar o agravamento da toxidez de íons específicos (YANG et al., 2022), porém sendo amenizada pela aplicação da prolina, que contribui para compartimentalização desses íons no vacúolo das células, mantendo a homeostase iônica e assim a expansão foliar (HOSSEINIFARD et al., 2022).



X e Y - condutividade elétrica da água - CEa e concentração de prolina, respectivamente; ns, *, ** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e em $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

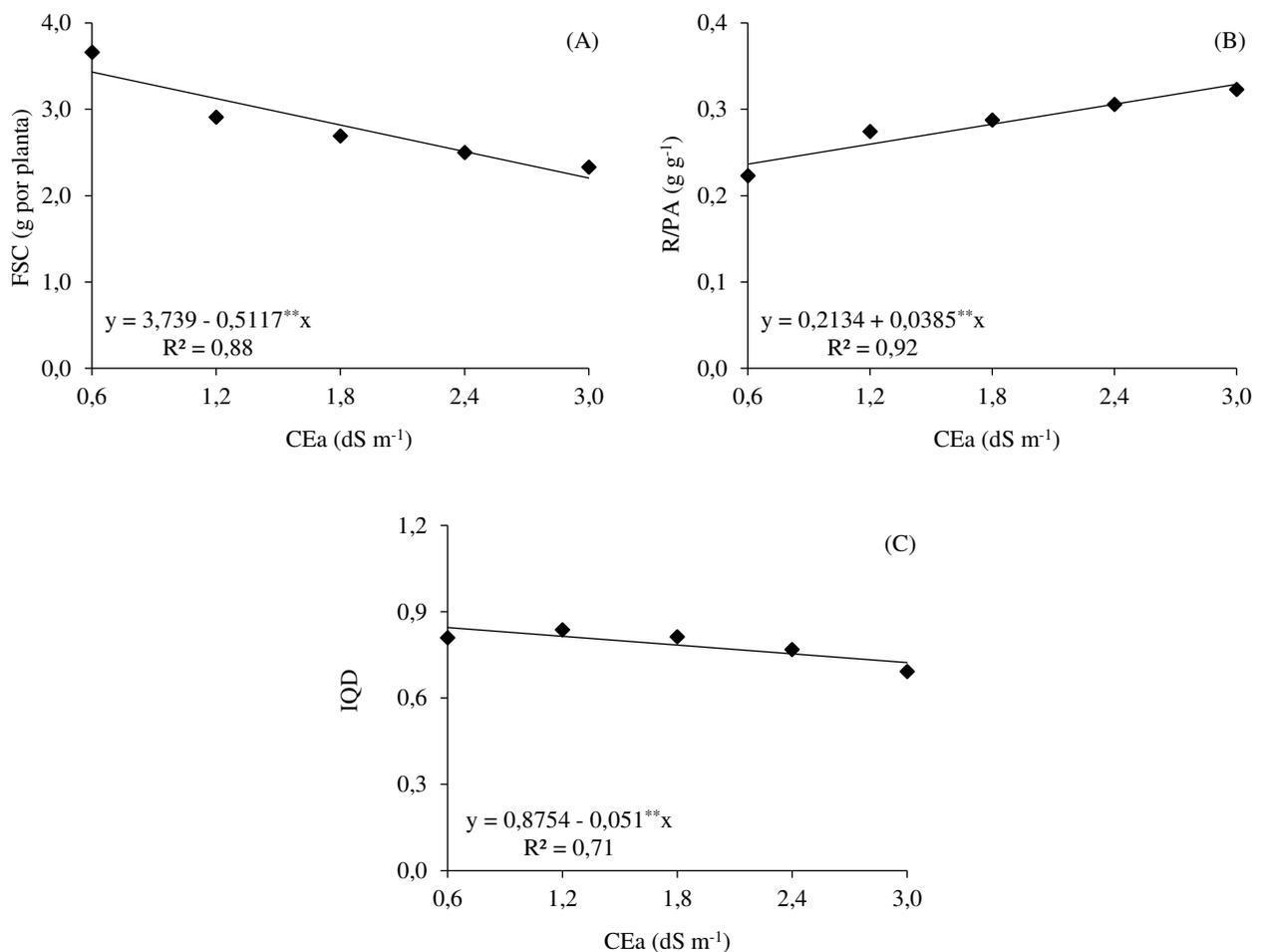
Figura 15. Fitomassa seca de folhas - FSF (A), da parte aérea - FSPA (B) e de raiz - FSR (C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da interação entre salinidade da água e das concentrações de prolina, aos 80 dias após o semeio (DAS).

Comportamento similar foi observado na fitomassa seca da parte aérea (Figura 15B), com o acréscimo na CEa ocorreu diminuição no acúmulo de FSPA de 27,45% nas plantas cultivadas sob salinidade da água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (9,31 g por planta), quando comparada com as submetidas à salinidade da água de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (12,83 g por planta). Ainda no menor nível de salinidade da água, o maior acúmulo de FSPA (13,28 g por planta) foi obtido ao aplicar a concentração de 6,56 mM de prolina. Aumento no acúmulo de fitomassa também foram observados pela aplicação 7,0 mM de prolina nas plantas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (9,80 g por planta), com incremento de 5,26% em relação às plantas sem aplicação de prolina (0 mM) e mantidas na mesma condição de irrigação. Tais reduções evidenciam os efeitos advindos nos pigmentos fotossintéticos, fluorescência e trocas gasosas, que limitam o subsídio necessário para regularizar o metabolismo da planta, sendo necessário desprender energia para manter a homeostase radicular, negligenciando o crescimento da parte aérea (ARIF et al., 2020). Situação

já amenizada no sistema radicular pela aplicação de prolina, liberando energia para o crescimento da parte aérea (BAUDUIN et al., 2022).

Na Figura 15C, observa-se que o maior acúmulo de fitomassa seca da raiz das plantas de maracujazeiro-azedo foi obtido sob salinidade água estimada de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ (3,12 g por planta), sendo o acréscimo de 6,46% em relação às plantas irrigadas com água de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (2,93 g por planta). Enquanto a aplicação de prolina proporcionou decréscimo na FSR em todos os níveis salinos, sendo a menor valor obtido ao associar a maior concentração de prolina (15 mM) com a maior salinidade da água ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), obtendo-se o valor de 2,72 g por planta, inferior em 12,82% ao valor máximo estimado (4,56%) ao encontrado nas plantas sem aplicação de prolina e sob a mesma condição de irrigação (2,85 g por planta). Incremento na fitomassa da raiz pelo aumento do estresse salino se associa a estratégia de elevar a área radicular como forma de atenuar o efeito osmótico da salinidade (ZHAO et al., 2020), sendo que em elevados níveis salinos o potencial osmótico reduz a valores que se tornam necessários elevar a produção de osmólitos a valores que limitam a expansão da raiz (ARIF et al., 2020). Tal situação explica a redução no acúmulo de FSR pela aplicação de prolina, que já mantém a regulação osmótica com o solo a valores que não necessitam desprender mais energia para o crescimento radicular (SHAFI et al., 2020).

O acúmulo de fitomassa seca do caule das plantas de maracujazeiro-azedo reduziu linearmente com o incremento nos níveis de CEa (Figura 16A), sendo o decréscimo de 13,68% por aumento unitário da CEa. Ao comparar a FSC das plantas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as submetidas à CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, constata-se diminuição de 1,22 g por planta (35,78%). A redução no acúmulo de fitomassa é resultado das alterações nas trocas gasosas, devido aos efeitos osmóticos e reflete na perda de turgescência e expansão celular apresentadas através da inibição do crescimento em DC e AP, como constatado por Diniz et al. (2018) em mamoeiro (*Carica papaya* L), Santos et al. (2019) em mangueira (*Mangifera indica*) e Lima et al. (2021) em maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims).



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

Figura 16. Fitomassa seca caule - FSC (A), razão raiz / parte aérea – R/PA (B) e índice de qualidade de Dickson - IQD (C) de plantas de maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água - CEa, aos 80 dias após o semeio (DAS).

A salinidade da água aumentou linearmente a relação raiz/parte aérea das plantas de maracujazeiro-azedo (Figura 16B), sendo o aumento de 18,04% por incremento unitário da CEa. Verifica-se ao comparar a R/PA das plantas submetidas à CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as cultivadas sob o menor nível salino da água (0,6 dS m⁻¹), aumento de 0,092 g g⁻¹ (39,06%). Corroborando com os resultados obtidos para a FSR ao estresse salino, na qual para tentar manter a absorção da solução do solo, transfere os subsídios do crescimento da parte aérea para a expansão radicular (ZHAO et al., 2020). Diniz et al. (2020) em estudo com o maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ cultivado com águas salinas (CEa variando de 0,3 a 3,1 dS m⁻¹), também observaram que a R/PA aumentou linearmente com o incremento dos níveis de condutividade elétrica da água, sendo o aumento de 91,16% nas plantas que receberam a CEa de 3,1 dS m⁻¹

em relação às aquelas que receberam a menor nível salino ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$). De acordo com estes autores o aumento da R/PA é um indicativo de que a parte aérea expressa maior sensibilidade ao estresse salino em relação ao sistema radicular, sendo importante para a otimização do processo de absorção de água e nutrientes, uma vez que a salinidade limita o crescimento e desenvolvimento das plantas, visto que a redução dos parâmetros de crescimento é resultado de estratégias de defesa da própria planta, como diminuição da turgidez celular, processos metabólicos e bioquímicos das plantas.

O índice de qualidade de Dickson (Figura 16C) das plantas de maracujazeiro-azedo também foi reduzido de forma linear com o aumento nos níveis de condutividade elétrica da água, sendo o decréscimo de 5,82% por incremento unitário da CEa. Comparando-se em termos relativos o IQD das plantas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação às submetidas ao menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), constata-se diminuição de 14,48% (0,122). Apesar da redução, as plantas de maracujazeiro-azedo obtiveram valores de IQD $> 0,2$, o que confere a essas mudas qualidade aceitável para o transplântio a campo (HUNT, 1990; SOUZA et al., 2017). Valores similares de IQD foram observados por Silva Neta et al. (2022) em maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sim) sob irrigação com água salina de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. É importante destacar que o IQD indica a robustez e o equilíbrio da distribuição de fitomassa na planta.

A salinidade limiar da água de irrigação para o maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' verificada através do modelo de platô seguido por decaimento linear (Maas & Hoffman, 1977) é de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 17), sendo a diminuição de 10,49% por incremento unitário acima deste nível salino da água. Entretanto, a irrigação com CEa de $3,46 \text{ dS m}^{-1}$ pode resultar em rendimento de até 70% da sua fitomassa seca total por planta. Por outro lado, a irrigação com água de condutividade elétrica de $5,36 \text{ dS m}^{-1}$ permite a obtenção de uma produção relativa em fitomassa seca total de 50%. A partir do grau de tolerância definido por Maas & Hoffman (1977), através na produção relativa em fitomassa seca total e a diminuição por incremento unitário acima do nível limiar, o genótipo 'BRS GA1' é classificado como sensível a salinidade da água de irrigação.

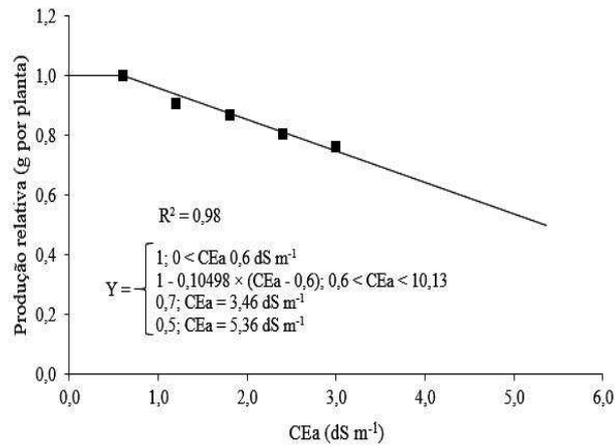


Figura 17. Produção relativa de fitomassa do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa descrito pelo modelo matemático de platô de Maas & Hoffman (1977).

6. CONCLUSÕES

A salinidade da água a partir de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ reduz o conteúdo relativo de água, trocas gasosas, fluorescência máxima, variável, eficiência quântica do fotossistema II, bem como o crescimento. Além disso, a salinidade também aumenta o extravasamento de eletrólitos e a fluorescência inicial em plantas maracujazeiro-azedo BRS GA1'.

A irrigação com água de condutividade elétrica entre $1,3$ e $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ estimula a biossíntese de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1', aos 66 dias após a semeadura.

A aplicação foliar de prolina nas concentrações variando de $4,5$ e $6,5 \text{ mM}$ aumenta a condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO_2 , eficiência instantânea de carboxilação, teores de clorofilas e crescimento do maracujazeiro-azedo.

A água com condutividade elétrica de até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ possibilita a formação de mudas de maracujazeiro-azedo com qualidade aceitável para o transplântio no campo.

O genótipo de maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' é sensível a salinidade da água, sendo o nível de salinidade limiar de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e a redução por aumento unitário da condutividade elétrica de $10,49\%$.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMADI, M.; SOURI, M. K. Growth characteristics and fruit quality of chili pepper under higher electrical conductivity of nutrient solution induced by various salts. **AGRIVITA Journal of Agricultural Science**, v.42, p.143-152, 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GOÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.113, p.407-427, 2013.
- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; SILVA, S. S. da; DIAS, A. S.; GHEY, H. R. Hydrogen peroxide as attenuator of salt stress effects on the physiology and biomass of yellow passion fruit. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v.26, p.571-578, 2022.
- ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.156, p. 64-77, 2020.
- ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.156, p.64-77, 2020.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, p.1-15, 1949.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p.3-16, 2005.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p.
- BAUDUIN, S.; LATINI, M.; BELLEGGIA, I.; MIGLIORE, M.; BIANCUCCI, M.; MATTIOLI, R.; TROVATO, M. Interplay between proline metabolism and ROS in the fine tuning of root-meristem size in arabidopsis. **Plants**, v.11, p.1512, 2022.
- 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, p.1-10, 2021.
- BRITO, R. S.; NETO, R. C. A.; ANDRADE, R. A. Survey of sour passion fruit cultivars commercialized in Brazil. **Scientific Electronic Archives**, v.15, p.65-72, 2022.

- BUTT, M.; SATTAR, A.; ABBAS, T.; SHER, A.; IJAZ, M.; UL-ALLAH, S.; SHAHEEN, M. R.; KALEEM, F. Foliage applied proline induces salt tolerance in chili genotypes by regulating photosynthetic attributes, ionic homeostasis, and antioxidant defense mechanisms. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 61, p.693-702, 2020.
- CACEFO, V.; RIBAS, A. F.; GUIDORIZI, K. A.; VIEIRA, L. G. E. Exogenous proline alters the leaf ionic profiles of transgenic and wild-type tobacco plants under water deficit. **Industrial Crops and Products**, v. 170, 113830, 2021.
- CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Compreendendo o estresse abiótico in vitro. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. de L.; WILLADINO, L.; CAVALCANTE, U. M. T. (eds). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: MXM Gráfica e Editora, 2005. Cap.29, p.325-335.
- CARVALHO, S. L. C.; STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M. **Maracujá amarelo recomendações técnicas para o cultivo no Paraná**. Londrina: IAPAR, 54p, (Boletim Técnico; n. 83), 2015.
- CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.699-705, 2011.
- CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, J. B.; SANTOS, C. J. O.; FEITOSA FILHO, J. C.; LIMA, E. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros irrigados com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p. 748-751, 2002.
- CAVICHIOLO, J. C.; CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.905-914, 2011.
- CHA, O. K.; YANG, S.; LEE, H. Transcriptomics Using the Enriched Arabidopsis Shoot Apex Reveals Developmental Priming Genes Involved in Plastic Plant Growth under Salt Stress Conditions. **Plants**, v. 11, e2546, 2022.
- ÇIÇEK, N.; OUKARROUM, A.; STRASSER, R. J.; SCHANSKER, G. Salt stress effects on the photosynthetic electron transport chain in two chickpea lines differing in their salt stress tolerance. **Photosynthesis research**, v.136, p.291-301, 2018.
- CORRÊA, R. C. G.; PERALTA, R. M.; HAMINIUK, C. W. I.; MACIEL, G. M.; BRACHT, A.; FERREIRA, I. C. F. R. The past decade findings related with nutritional composition, bioactive molecules and biotechnological applications of *Passiflora* spp. (passion fruit). **Trends in Food Science & Technology**, v.58, p.79-95, 2016.

- CONAMA – Concelho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <
https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. 07 de mar de 2023.
- DHARPURE, J. K; GOSWAMI, A; PATEL, A; KULKARNI, A. V; MELOTH, T. DROUGHT characterization using the Combined Terrestrial Evapotranspiration Index over the Indus, Ganga and Brahmaputra River basins. **Geocarto International**, v.37, p.1-25, 2020.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.
- DINIZ, G. L. **Ecofisiologia de maracujazeiro gigante amarelo cultivado com águas salinas e adubação silicatada**. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande – Universidade de Campina Grande, Pombal, 2020.
- 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, p.199-207, 2021.
- DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; SOUZA, L. de P.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R. Phytomass and quality of yellow passion fruit seedlings under salt stress and silicon fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.11, e3400, 2020.
- DINIZ, G. L.; SALES, G. N.; VALÉRIA, F. D. O.; ANDRADE, F. H. de; SILVA, S. S. da; NOBRE, R. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n.1, p.218-228, 2018.
- DOUNGUE, H. T.; KENGNE, A. P. N.; KUATE, D. Neuroprotective effect and antioxidant activity of *Passiflora edulis* fruit. flavonoid fraction, aqueous extract, and juice in aluminum chloride-induced Alzheimer’s disease rats. **Nutrire**, v.43, p.1-12, 2018.
- DUARTE, I. A. E.; MILENKOVIC, D.; BORGES, T. K. D. S.; ROSA, A. J. M.; MORANDO, C.; OLIVEIRA, L. L. Acute effects of the consumption of *Passiflora setacea* juice on metabolic risk factors and gene expression profile in humans. **Nutrients**, v.12, p.1-20, 2020.
- EL-BETALGI, H. S.; MOHAMED, H. I.; SOFY, M. R. Role of ascorbic acid, glutathione and proline applied as singly or in sequence combination in improving chickpea plant through physiological change and antioxidant defense under different levels of irrigation intervals. **Molecules**, v. 25, p. 1702, 2020.
- ELGALLAL, M.; FLETCHER, L.; EVANS, B. Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: A review. **Agricultural Water Management**, v.177, p.419-431, 2016.

- EL-MOUKHTARI, A.; CABASSA-HOURTON, C.; FARISSI, M.; SAVOURÉ, A. How does proline treatment promote salt stress tolerance during crop plant development? **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 1127, 2020.
- EL-SHAWA, G. M. R.; RASHWAN, E. M.; ABDELAAL, K. A. A. Mitigating salt stress effects by exogenous application of proline and yeast extract on morphophysiological, biochemical and anatomical characters of calendula plants. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 7, p. 461-482, 2020.
- EMATER – Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural 2017. Disponível em: <https://emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/cartilha_maracuja.pdf> Acesso em: 20 Jan 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2003. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/425906/1/Ct086.pdf07>> Acesso em: Jan 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. Disponível em: <<https://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/lancamentoazedos/brsga1.pdf>> 07 Jan 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em:< <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1101769/1/final8905.pdf>>. 20 de Jan de 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2019. Disponível em < <file:///C:/Users/User/Downloads/ExpedicaoSafra-Volume-2-versao-final.pdf>>. Acesso em: 20 de Jan de 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208097/1/Documento231-MarcioCanto-Onildo-AINFO-1.pdf>>. Acesso em: 03 de março de 2023.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Disponível em: < http://www.cpatia.embrapa.br/public_eletronica/downloads/SDC167.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2023.
- ERNST, W. H. O.; NELISSEN, H. J. M.; BOOKUM, W. M. T. Combination toxicology of metal-enriched soils: physiological responses of a Zn- and Cd-resistant ecotype of *Silene*

- vulgaris on polymetallic soils. **Environmental and Experimental Botany**, v.43, p.55-71, 2000.
- FAO - Food and Agriculture Organization on The United Nations, 2017. Disponível em: < <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf> 25 de Jan de 2023.
- FÁTIMA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; FERREIRA, J. T.; CELEDÔNIO, W. F.; FIGUEIREDO, F. R. A.; RIBEIRO, J. E.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, W. E. Physiological responses in sugar apple seedlings under irrigation with saline water and foliar nitrogen. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, e473, 2022.
- FERREIRA, D. F.; SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. F. Q.; SILVA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; BRUNO, R. L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 24, p. 662-675-2019.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. T.; FERREIRA, J. T.; PEREIRA, M. B.; LOPES, M. F. Q.; PEREIRA, W. E; ALBUQUERQUE, M. B. Morphophysiology of yellow passion fruit seedlings under application of nitrogen and potassium and irrigation with high salinity water. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p.1897-1908, 2020.
- GADIOLI, I. L.; CUNHA, M. S. B.; CARVALHO, M. V. O.; COSTA, A. M.; PINELI, L. L. O. Uma revisão sistemática sobre compostos fenólicos em plantas de Passiflora: A systematic review on phenolic compounds in Passiflora plants: Exploring biodiversity for food, nutrition, and popular medicine. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.58, p.785-807, 2017.
- GHEYI, H. R.; NILDO, S. D.; LACERDA, C. F. L.; ENÉAS, G. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. 504p.
- GRECO, S. M. L. **Caracterização físico-química e molecular de genótipos de maracujá azedo cultivados no Distrito Federal**. 149p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review Plant Physiology**, v.31, p.149-90, 1980.
- HOSSEINIFARD, M.; STEFANIAK, S.; GHORBANI JAVID, M.; SOLTANI, E.; WOJTYLA, Ł.; GARNCZARSKA, M. Contribution of exogenous proline to abiotic stresses tolerance in plants: a review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, p.1-20, 2022.

- HUNT, G. A. **Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings**. In: ROSE, R.; CAMPBELL, S. J.; LANDIS, T. D. Proceedings, western forest nursery association. Roseburg: National Nursery Proceedings, 1990. p. 13-17.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>> Acesso em: 05 Jan 2023.
- KALAJI, H. M.; RAČKOVÁ, L.; PAGANOVÁ, V.; SWOCZYNA, T.; RUSINOWSKI, S.; SITKO, K. Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in *Tilia cordata* Mill. **Environmental and Experimental Botany**, v.152, p.149-157, 2018.
- KALHID, M.; REHMAN, H. M.; AHMED, S.; NAWAZ, S.; SALEEM, F.; AHMAD, S.; UZAIR, M.; RANA, I. A.; ATIF, R. M.; ZAMAN, Q. U.; LAM, H. M. Using exogenous melatonin, glutathione, proline, and glycine betaine treatments to combat abiotic stresses in crops. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, e12913, 2022.
- KHORRAMI, B; GUNDUZ, O. Analyses of meteorological drought and its impacts on groundwater fluctuations, a case study: Marand plain (Iran). **Pamukkale University Journal of Engineering Sciences**, v.25, p.711-717, 2019.
- KUGLER, E. E.; KING, L. A. A brief history of the passionflower. In: ULMER, T.; MACDOUGAL, J. M. (Ed.). **Passiflora: passionflowers of the world**. Portland: Timber, p.15-26, 2004.
- LACERDA, C. N. de; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; FÁTIMA, R. T. de; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, C. A. V. de. Morphophysiology and production of guava as a function of water salinity and salicylic acid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 451-458, 2022.
- LEI, T. W.; XIAO, J.; LIU, Z. Z. Experimental investigation on the effects of saline water drip irrigation on water use efficiency and quality of watermelons grown in saline soils (in Chinese). **Journal of Hydraulic Engineering**, v.4, p.85-89, 2003.
- LEITE, R. S.; NAVARRO, S. H.; NASCIMENTO, M. N.; POTOSME, N. M. R.; SILVA, A. L.; SANTOS, R. J. Proline and sodium nitroprusside increase the tolerance of *Physalis peruviana* L. plants to water deficit through chemical priming. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, e004622, 2022.
- LIMA, B. R.; ELCIVAN, O. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado

- da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.7, p.679-689, 2020.
- LIMA, G. S. de; FERNANDES, C. G. J.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p.184-194, 2021.
- 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, p.2947-2960, 2019.
- 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, p.393-401, 2021.
- LIMA, G. S. de; SOUZA, W. B. B.; SOARES, L. A. dos A.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, V. K. N. Dano celular e pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo em função da natureza catiônica da água. **Irriga**, v.25, p.663-669, 2020.
- LIU, C.; MAO, B.; YUANG, D.; CHU, C.; DUAN, B. Salt tolerance in rice: Physiological responses and molecular mechanisms. **The Crop Journal**, v.10, p.13-25, 2022.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J. Crop Salt Tolerance-Current Assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.115-134, 1977.
- 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, p.1-30, 2017.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres. 1. ed. Piracicaba: USP, 2006. 608p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: USP. 1997. 319p.
- MANAA, A.; GOUSSI, R.; DERBALI, W.; CANTAMESSA, S.; ABDELLY, C.; BARBATO, R. Salinity tolerance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as assessed by chloroplast ultrastructure and photosynthetic performance. **Environmental and Experimental Botany**, v.162, p.103-114, 2019.
- MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução de salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 173p. Dissertação

- (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Universidade de Campina Grande, Campina Grande, 1992.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. A. 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.
- MOHAMED, I. A. A.; SHALBY, N.; BAI, C.; QIN, M.; AGAMI, R. A.; JIE, K.; WANG, B.; ZHOU, G. Stomatal and photosynthetic traits are associated with investigating sodium chloride tolerance of *Brassica napus* L. cultivars. **Plants**, v.9, p.1-19, 2020.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.
- MWENYE, O.J.; RENSBURG, L. van; BILJON, A. van; MERWE, R. V. D. The role of proline and root traits on selection for drought-stress tolerance in soybeans: A review. **South African Journal of Plant and Soil**, v.33, p.245-256, 2016.
- NING, S; ZHOU, B; WANG, Q; TAO, W. Avaliação da salinidade da água de irrigação e fração de lixiviação na produtividade de água para as culturas. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.13, p.170-177, 2021.
- NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA A. J. (ed) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa SEA. p.189-253. 1991.
- NUNES, A.; SILVA, C. **Suco clarificado de maracujá azedo em diferentes fases de maturação** (*Passiflora edulis Flavicarpa*). 23p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Universidade de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2013.
- ORTIZ, S. G. **Efectos de la salinidad en plantas glicófitas**. Jaén: Universidad de Jaén. 41p. TCC (Trabajo Fin de Grado) – Universidad de Jáen, Jaén, 2020.
- PESSOA, M. F.; ASSIS, L. F.; VIEIRA, A. S. Planejamento ótimo da água na agricultura irrigada: um estudo de caso em um perímetro paraibano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.7, p.221-234, 2016.
- RAMEZANIFAR, H.; YAZDANPANAHA, N.; YAZD, H. G. H.; TAVOUSHI, M.; MAHMOODABADI, M. Spinach growth regulation due to interactive salinity, water, and nitrogen stresses. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 41, p.1654-1671, 2022.

- RAMOS, J. G.; LIMA, V. L. A.; LIMA, G. S. de; PAIVA, F. J. S.; PEREIRA, M. O.; NUNES, K. G. Hydrogen peroxide as salt stress attenuator in sour passion fruit. **Revista Caatinga**, v.35, p.412-422, 2022.
- REDDY, P. S.; JOGESWAR, G.; RASINENI, G.; MANDAPAKA. M. Proline over-accumulation alleviates salt stress and protects photosynthetic and antioxidant enzyme activities in transgenic sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.94, p.104-113, 2015.
- REHMAN, S.; ABBAS, G.; SHAHID, M.; SAQIB, M.; FAROOQ, A. B. U.; HUSSAIN, M.; MURTAZA, B.; AMJAD, M.; NAEEM, M. A.; FAROOQ, A. Effect of salinity on cadmium tolerance, ionic homeostasis and oxidative stress responses in conocarpus exposed to cadmium stress: Implications for phytoremediation. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.171, p.164-153, 2019.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Estudos Irrigação e Drenagem. Campina Grande: UFPB, 2000.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture (Agriculture Handbook, 60), 1954. 160p.
- RIECHOF, M. C.; REGNIER, E.; QUAAS, M. F. Economic growth, international trade, and the depletion or conservation of renewable natural resources. **Journal of Environmental Economics and Management**, v.97, p. 116-133, 2019.
- RUSSO, G. R.; TEIXEIRA, N. T.; ARRUDA, A. C.; TOMAZ JUNIOR, D. J. Prolina e polihidroxibutirato no cultivo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, p.1807-1823, 2020.
- SANTOS, S. J. A.; FREIRE, J. L.O; GUIMARÃES, G. H. C.; CRUZ, T. M. L. Qualidade de mudas de manga (var. Maranhão) irrigadas com água salina e uso de biofertilizante bovino. **Revista Principia**, v.44, p.152-162, 2019.
- SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, A. T.; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v.25, p. 1002-1013, 2013.
- SEMIDA, W. M.; ABDELKHALIK, A.; RADY, M. O. A.; MAREY, R. A.; EL-MAGEED, T. A. A. Exogenously applied proline enhances growth and productivity of drought stressed onion by improving photosynthetic efficiency, water use efficiency and up-regulating osmoprotectants. **Scientia Horticulturae**, v. 272, e109580, 2020.

- SHAFI, A.; ZAHOOR, I.; MUSHTAQ, U. Proline accumulation and oxidative stress: Diverse roles and mechanism of tolerance and adaptation under salinity stress. **Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Mechanisms and Molecular Approaches**, v.2, p.269-300, 2019.
- SHALHEVET, J., KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: A world-wide survey**. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, 106p, 1976.
- SILVA NETA, A. M. da S.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; SOUSA, D. D. A.; FERREIRA, F. N.; LACERDA, C. N. de. Fitomassas e qualidade de mudas de maracujazeiro-azedo sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.45, p.63-73, 2022.
- SILVA NETA, A. M. de S.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; SILVA, L. de A.; FERREIRA, F. N.; FERNANDES, P. D. Morphophysiology of the passion fruit 'BRS Rubi do Cerrado' irrigated with saline waters and nitrogen fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.11, p.1-9, 2021.
- SILVA NETA, A. M. de S.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; SILVA, L. de A.; FERREIRA, F. N.; FERNANDES, P. D. Morphophysiology of the passion fruit 'BRS Rubi do Cerrado' irrigated with saline waters and nitrogen fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.11, e3456, 2020.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. de P.; VELOSO, L. L. S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55671, 2019.
- 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, p.776-781, 2018.
- SILVA, F. de A. da; PEREIRA, F. H. F.; CAMPOS JÚNIOR, J. E.; NOBREGA, J. S.; DIAS, M. dos S. Aplicação foliar de prolina no crescimento e fisiologia do milho verde cultivado em solo salinizado. **Colloquium Agrariae**, v.16, p.1809-8215, 2020.
- SILVA, J. R. I.; JARDIM, A. M. R. F.; BARROSO NETO, J.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 11, p.127-139, 2018.
- SILVEIRA, J. A. G.; ARAÚJO, S. A. M.; LIMA, J. P. M. S.; VIÉGAS, R. A. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex numularia*. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, p.1-8, 2009.

- SKIDER, R. K.; WANG, X.; ZHANG, H.; GUI, H.; DONG, Q.; JIN, D.; SONG, M. Nitrogen enhances salt tolerance by modulating the antioxidant defense system and osmoregulation substance content in *Gossypium hirsutum*. **Plants**, v. 9, e450, 2020.
- SOUZA, L. de P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, p.596-604, 2017.
- SOUZA, L. de P.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; FATIMA, R. T.; LIMA, G. S. de; DINIZ, G. L. Índices fisiológicos e crescimento de porta-enxertos de cajueiro sob estresse salino e concentrações de prolina. **Irriga**, v.1, p.169-183, 2021.
- TABSSUM, F.; ZAMAN, Q. U.; CHEN, Y.; RIAZ, U.; ASHRAF, W.; ASLAM, A.; EHSAN, N.; NAWAZ, R.; AZIZ, H.; SHAH, S. U. S. Exogenous application of proline improved salt tolerance in rice through modulation of antioxidant activities. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v.32, p.140-151, 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.
- TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G. K. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.4449-4459, 2010.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573p.
- VELOSO, L. L. S. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, C. M. A.; FATIMA, R. T.; SOUZA, L. P.; ELIAS, J. J.; AZEVÊDO, F. L.; SANTOS, J. B. Morphophysiology of guava cv. Paluma with water of different salt concentrations and proline doses. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, p.1877-1886, 2018.
- WANDERLEY, J. A. C.; BRITO, M. E. B.; AZEVEDO, C. A. V. de; SILVA, F. C.; FERREIRA, F. N.; LIMA, R. F. Cell damage and biomass of yellow passion fruit under water salinity and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v.33, p.757-765, 2020.
- WANG, C. P.; YAN, L.; QIAO, G. X.; LI, J. Proline inhibits plant growth by reactive oxygen species signaling. **Plant Physiology Communications**, v.53, p.1788-1794, 2017.
- 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, p.81-97, 1950.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. L.; Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, p.1-21, 2010.

- WU, H.; SHABALA, S.; GIRALDO, J. P.; Hydroxyl radical scavenging by cerium oxide nanoparticles improves *Arabidopsis* salinity tolerance by enhancing leaf mesophyll potassium retention. **Environmental Science**, v.5, p.1567-1583, 2018.
- YAN, S. H.; GAO, Y. M.; TIAN, M. J.; LI, J. S. Comprehensive evaluation of effects of various carbon-rich amendments on tomato production under continuous saline water irrigation: Overall soil quality, plant nutrient uptake, crop yields and fruit quality. **Agricultural Water Management**, v.255, p.1-12, 2021.
- YANG, Y.; XIE, J.; LI, J.; ZHANG, J.; ZHANG, X.; YAO, Y.; BAKPA, E.P. Trehalose alleviates salt tolerance by improving photosynthetic performance and maintaining mineral ion homeostasis in tomato plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p.1-22, 2022.
- ZAHEDI, S. M.; ABOLHASSANI, M.; HADIAN-DELIJOU, M.; FEYZI, H.; AKBARI, A.; RASSOULI, F.; KOÇAK, M. Z.; GOHARI, G. Proline-functionalized graphene oxide nanoparticles (GO-Pro NPs): A new engineered nanoparticle to ameliorate salinity stress on grape (*Vitis vinifera* L. cv Sultana). **Plant Stress**, v.7, e100128, 2023.
- ZHAO, C.; ZHANG, H.; SONG, C.; ZHU, J. K.; SHABALA, S. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. **The innovation**, v.1, p.100017, 2020.